

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:
ESTUDIO TÉCNICO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
CALDERAS DE LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS II

AUTOR:
JORGE FERNANDO GALLO SALAZAR

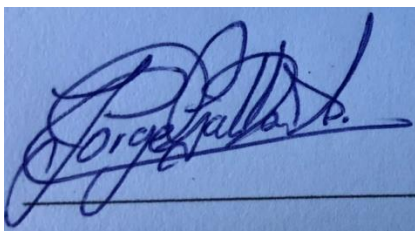
TUTORA:
LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO

Quito, agosto del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jorge Fernando Gallo Salazar portador del documento de identificación Ni 171994237-5, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del trabajo de titulación intitulado: “ESTUDIO TÉCNICO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALDERAS DE LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS II”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



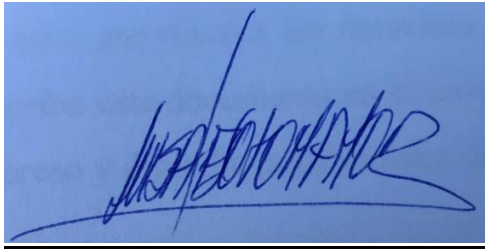
Jorge Fernando Gallo Salazar
C.I. 171994237-5

Quito, agosto del 2018.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “ESTUDIO TÉCNICO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALDERAS DE LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS II” realizado por Jorge Fernando Gallo Salazar, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2018.



Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso
C.I. 171095396-7

DEDICATORIA

Este Trabajo de Titulación quiero dedicarlo a mis padres Nelson Gallo y Rosita Salazar, quienes son el eje principal de mi vida y con su ejemplo me han inculcado a ser una persona responsable, perseverante, llena de amor y respeto hacia los demás, me han enseñado que con dedicación y esfuerzo todo es posible, a nunca dejarme vencer y siempre seguir adelante, valores que han hecho de mí una mejor persona.

A mis hermanos Daysi y Ángel Gallo Salazar; y a mi cuñado Danilo Lozada por estar siempre a mi lado y ser un ejemplo de lucha y constancia para seguir adelante.

A mi sobrina Samantha Guadalupe Lozada Gallo, por llegar a mi vida a llenarla de amor y ser la inspiración para poder terminar este proyecto con éxito.

A mis abuelitos que hoy me guían desde el cielo Faustito Salazar y Emmita Gutiérrez. Estoy seguro que desde allá compartirán este logro conmigo y estarán tan felices como yo.

A mi abuelita Teresita Heredia por su amor y apoyo constante, a mi abuelito Angelito Gallo por su ejemplo de trabajo y esfuerzo para alcanzar las metas propuestas.

También quiero dedicarlo a todos mis tíos, primos y amigos que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo para que yo pudiera seguir dando lo mejor de mí y con esfuerzo lograr terminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Gracias infinitas a Dios por darme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y a su vez darme la sabiduría y la fuerza para poder culminarla con éxito sin dejarme vencer por los obstáculos que se presentaron en el transcurso del camino.

Gracias a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa. Estoy seguro que siempre estarán a mi lado brindándome su amor y ayuda en cualquier proyecto que venga de aquí en adelante.

A toda la Universidad Politécnica Salesiana por la formación que recibí en todos estos años y de manera especial a la Ingeniera Luisa Sotomayor por ser guía y apoyo en el desarrollo del presente Trabajo de Titulación.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Darío Navarrete, Supervisor de Mantenimiento Electrónico y Control de la Central Térmica Esmeraldas II, CELEC EP, quién me brindó su ayuda e información necesaria para el desarrollo de este proyecto.

A mis primos que son como mis hermanos por su amistad, cariño y estar siempre conmigo brindándome su apoyo en el transcurso de toda mi vida universitaria. Muchas gracias.

También quiero agradecer a toda mi familia y amigos que siempre tuvieron una palabra de aliento y de una u otra manera supieron brindarme su apoyo para que pueda culminar mi carrera profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Beneficiarios finales	2
CAPÍTULO 2.....	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1 Automatización.....	3
2.1.1 Automatización Industrial	4
2.2 Sistemas de Control	5
2.3 Simbología Industrial.....	5
2.3.1 Simbología de figuras	6
2.3.2 Simbología de Líneas	6
2.4 Sensor de Temperatura	7
2.5 Transmisores.....	8

2.6 Centrales Térmicas	9
2.6.1 Central Térmica de Fuel Oil	10
2.7 Central Térmica Esmeraldas II	10
2.7.1 Sistema de Tanques	11
2.7.2 Área casa máquinas	12
2.7.3 Área de calderos y chimeneas.....	12
2.7.4 Sala de Control	13
2.7.5 Regulador de voltaje	14
2.7.6 Subestación eléctrica	15
CAPITULO 3.....	17
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALDERAS.....	17
3.1 Especificaciones, estructura y funcionamiento del sistema de calderas.....	17
3.2 Elementos principales del sistema de calderas	20
3.2.1 Tanque Desaireador	20
3.2.2 Tanque LP o Domo de baja de presión.....	21
3.2.3 Chimenea principal de la caldera.....	22
3.2.4 Cuerpo de la caldera	22
3.3 Elementos y tuberías del Cuerpo de la caldera.....	22
3.3.1 Sobrecalentador	22
3.3.2 Evaporador.....	23
3.3.3 Economizador	23
3.3.4 Evaporador de desgasificación o Separador de aire de evaporación	23
3.3.5 Carcasa de la caldera	23
3.4 Válvulas	24
3.5 Sensores y Transmisores.....	27
3.5.2 Transmisores de Presión	28
CAPITULO 4.....	34
DISEÑO Y SIMULACIÓN	34

4.1	Automatización del sistema de calderas	34
4.2	Diseño de Control	34
4.2.1	Diseño de Control del tanque desaireador	34
4.2.2	Diseño de control del tanque LP o Domo	35
4.2.3	Tanque Superheater	36
4.2.4	Diseño de control del Cabezal de vapor	37
4.2.5	Diseño de control para Purgar los tanques	37
4.3	Simulación	38
4.3.1	Control Tanque Desaireador	39
4.3.2	Proceso de Recirculación.....	41
4.3.3	Control del Tanque LP	43
	CONCLUSIONES	50
	RECOMENDACIONES	51
	REFERENCIAS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Diagrama de bloques del control de una planta.....	5
Figura 2. 2 Simbología de Figuras	6
Figura 2. 3 Simbología de Líneas	7
Figura 2. 4 Curva de Sensor de temperatura resistivo	8
Figura 2. 5 Señales de Transmisión	9
Figura 2. 6 Cuadro de las Centrales Térmicas.	9
Figura 2. 7 Mapa de CELEC EP-TermoEsmeraldas II.....	11
Figura 2. 8 Sistema de tanques.....	12
Figura 2. 9 Área de máquinas	12
Figura 2. 10 Área de Calderos y Chimeneas.....	13
Figura 2. 11 Elemento de control FOXBORO.....	14
Figura 2. 12 Sistema de Radiadores.....	14
Figura 2. 13 Subestación eléctrica.	15
Figura 2. 14 Unidad de Generación	16
Figura 2. 15 Diagrama de funcionamiento del motor	16
Figura 3. 1 Diagrama de flujo de la válvula Damper.....	17
Figura 3. 2 Plano de Instrumentación de una caldera	19
Figura 3.3 Regla de nivel del tanque desaireador.	20
Figura 3. 4 Tanque desaireador.....	20
Figura 3. 5 Indicador de nivel de Domo.	21
Figura 3. 6 Tanque LP o Domo de baja presión.	21
Figura 3. 7 Válvula de control de regulación.....	24
Figura 3. 8 Placa del actuador lineal motorizado.....	25
Figura 3. 9 Válvula ON / OFF	26
Figura 3. 10 Placas de los dos tipos de actuador eléctrico motorizado.....	26
Figura 3. 11 Sensor Bulbo con pastilla conectora y amortiguador.	27
Figura 3. 12 Sensor de temperatura de gases de escape.....	28
Figura 3. 13 Transmisor de Presión Manométrica	28
Figura 3. 14 Transmisor de Presión Diferencial con válvula de 3 vías acoplada en el transmisor.....	31
Figura 3. 15 El Transmisor de Presión Diferencial para medición de Nivel en Domo LP	31

Figura 4. 1 Control Centralizado de la caldera	34
Figura 4. 2 Diagrama de Flujo Control Desaireador.....	35
Figura 4. 3 Diagrama de flujo del tanque LP o Domo.	36
Figura 4. 4 Diagrama de flujo del tanque Superheater.....	36
Figura 4. 5 Diagrama de flujo del cabezal de vapor	37
Figura 4. 6 Diagrama de flujo de Purga	38
Figura 4. 7 Ventana Principal.....	39
Figura 4. 8 Proceso tanque desaireador.....	39
Figura 4. 9 Gráfica del llenado del tanque desaireador.....	40
Figura 4. 10 Mensaje de Indicación	41
Figura 4. 11 Apertura de la Válvula Damper	41
Figura 4. 12 Mensaje de Temperatura.....	42
Figura 4. 13 Proceso de recirculación	42
Figura 4. 14 Mensaje del Indicador de Flujo	43
Figura 4. 16 Gráfica de llenado del Tanque LP	43
Figura 4. 15 Fin del Proceso de Recirculación	44
Figura 4. 17 Mensaje del Tanque LP	45
Figura 4. 18 Salida de vapor al superheater	45
Figura 4. 19 Salida de Vapor hacia el Cabezal de Vapor.....	46
Figura 4. 20 Mensaje de Flujo de vapor.....	46
Figura 4. 21 Salida de vapor hacia el cabezal común	47
Figura 4. 22 Mensaje de Fin del proceso	47
Figura 4. 23 Vaciado de los Tanques	48
Figura 4. 24 Gráficas completas del nivel de los tanques	48
Figura 4. 25 Salida de gases a la Atmósfera	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Características de los tubos.	22
Tabla 3. 2 Características de la válvula de Control.....	24
Tabla 3. 3 Características del actuador motorizado para válvula.....	25
Tabla 3. 4 Características técnicas de la válvula ON / OFF.....	25
Tabla 3. 5 Características del actuador eléctrico motorizado.	26
Tabla 3. 6 Características del sensor Bulbo con Pastilla conectora y amortiguador..	27
Tabla 3. 7 Características de sensor de temperatura de gases de escape	28
Tabla 3. 8 Características del Transmisor de Presión Manométrica	29
Tabla 3. 9 Características del Transmisor de Presión Diferencial	30
Tabla 3. 10 Características del Transmisor de Presión Diferencial	32
Tabla 3. 11 Características del Transmisor de Presión Diferencial para medir el flujo de vapor.....	33
Tabla 4. 1 Tabla de descripción de la ventana principal	39
Tabla 4. 2 Tabla de descripción llenado desaireador	40
Tabla 4. 3 Tabla de descripción de apertura de la válvula Damper	41
Tabla 4. 4 Tabla de descripción del proceso de recirculación	43
Tabla 4. 5 Tabla de descripción fin de la recirculación	44
Tabla 4. 6 Tabla de descripción salida de vapor al Superheater	45
Tabla 4. 7 Tabla de descripción de la salida de vapor al cabezal.....	46
Tabla 4. 8 Tabla de descripción de la salida de vapor hacia el cabezal común	47
Tabla 4. 9 Tabla de descripción de la imagen de la válvula Damper.....	49

RESUMEN

El presente Trabajo de Titulación tiene como propósito realizar un estudio técnico para el control centralizado automático del sistema de calderas en la Central Térmica Esmeraldas II, con esto se busca dar una solución clara a los problemas que se han presentado por el sistema de control actual que manejan en esta área de la planta, muchas veces el operador de turno se hace cargo del encendido y apagado de las válvulas pudiendo esto causar un mal funcionamiento, en varias ocasiones olvidar abrir las válvulas que permiten el ingreso de agua hacia la caldera en el momento indicado, ha provocado que los gases de combustión que ingresan al cuerpo de la caldera recalienten las tuberías internas y lleguen a dañarse. Esto impide el funcionamiento de la caldera. En el presente trabajo se ha realizado una caracterización completa de todo el sistema de calderas y un plano P&ID, para plantear la simulación de un control general del encendido y apagado de todas las válvulas, incluyendo la bomba de recirculación y la damper de 3 vías que permite el ingreso de los gases de combustión. Con la simulación en el programa LabVIEW se puede observar el funcionamiento de la automatización planteada, mejorando el tiempo del proceso, evitando además daños producidos por errores humanos validando así el diseño propuesto.

Palabras claves: Automatización, Caldera, Caracterización, Control, Simulación, Sistema, Vapor.

ABSTRACT

The purpose of the present titration work is to carry out a technical study for the automatic centralized control of the boiler system in the Esmeraldas II thermal power plant, with the aim of giving a clear solution to the problems that have been presented by the current control system. they operate in this area of the plant, many times the shift operator takes over the switching on and off of the valves, which can cause a malfunction, on several occasions forget to open the valves that allow water to enter the boiler at the moment indicated, has caused the combustion gases that enter the body of the boiler to reheat the internal pipes and get damaged, this prevents the operation of the boiler. In the present work, a complete characterization of the entire boiler system and a P & ID plan has been made, to propose the simulation of a general control of the ignition and shutdown of all the valves, including the recirculation pump and the 3-way damper that allows the entry of combustion gases. With the simulation in the LabVIEW program, the operation of the proposed automation can be observed, improving the time of the process, avoiding also damages caused by human errors validating the proposed design.

Keywords: Automation, Boiler, Characterization, Control, Simulation, System, Steam.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se va a realizar el estudio técnico de la automatización del sistema de calderas de la Central Térmica Esmeraldas II, en CELEC EP mediante simulación, Para poder cumplir de forma satisfactoria con el objetivo planteado se realizará una caracterización de los lazos de control actuales, con diagramas eléctricos y P&ID del sistema actual para poder repotenciarlo.

Con la simulación terminada se podrá plantear a futuro una posible implementación de este nuevo sistema de calderas automático para que la Central Térmica Esmeraldas II no tenga la necesidad de tener operadores de turno para el funcionamiento de las calderas y así evitar daños materiales para lo cual este escrito se lo ha dividido en cuatro capítulos.

En el Capítulo 1 de antecedentes se describe la problemática y la justificación del trabajo como el objetivo general y específico a alcanzar.

En el Capítulo 2 de fundamentación teórica se habla de las centrales térmicas en general y de la central térmica Esmeraldas II, además de conceptos generales del programa de simulación a utilizar.

En el Capítulo 3 se realiza la caracterización de la central térmica de Esmeraldas II y de forma específica al Sistema de Calderas al cuál se le realiza el estudio del control de válvulas donde se especifica los elementos e instrumentos presentes que se encuentran instalados.

En el Capítulo 4 se realiza el diseño de la automatización y el cambio de las válvulas manuales a electroválvulas y su funcionamiento mediante diagramas de flujo, además en este capítulo se revisará y analizará la simulación hecha en LabVIEW, donde las entradas y salidas serán variables propias del software utilizado.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del Problema

La central térmica Esmeraldas II es una generadora que funciona en base a motores de combustión interna que mueven generadores eléctricos (grupo electrógeno). La central tiene una generación de 96 MW con 12 Unidades de generación (motor + generador), cada unidad de 8 MW. Cada unidad posee una caldera para generación de vapor.

La caldera está compuesta por dos tanques principales, el tanque de Desaireador (donde se libra el agua de oxígeno). Y el Tanque o DOMO de baja presión LP. En ambos tanques se realiza un control de nivel mediante una válvula de regulación de entrada de agua a los tanques, además, existe otra válvula de regulación de presión entre el Desaireador y el cabezal de vapor, también hay 5 válvulas ON/OFF que se usan para drenaje de los tanques, y para permitir el paso de vapor al cabezal y alivio de presión del cabezal.

Por lo que la propuesta de realizar una simulación para la automatización completa del sistema de calderas que permitirá obtener un manejo completamente automático de todos los elementos del sistema de control, relacionando todos sus lazos de control individuales de una manera secuencial para que el funcionamiento de las calderas sea totalmente confiable y así evitar que vuelva a suceder daños materiales en los elementos de la Central Térmica Esmeraldas II.

1.2 Justificación

La Central Térmica Esmeraldas II, en la actualidad, busca tener constante disponibilidad y confiabilidad como generadora, por lo que debe mantener sus 12 unidades de generación en operación, motivo por el cual se ha planteado como desafío principal realizar la simulación para una automatización completa en cada una de sus calderas para mejorar y asegurar el correcto funcionamiento de estas, evitando así pérdidas económicas y materiales como daños en las tuberías, tanques, válvulas o bomba de las calderas y de esta forma tener la certeza de que todas las calderas podrían entrar en operación en cualquier momento sin depender de un operador de turno y salvaguardando la vida del mismo.

La idea es lograr un sistema que trabaje en conjunto, es decir, un sistema que anide el control de todas las válvulas y bombas que conforman la caldera, para que los encendidos y apagados se hagan automáticamente de acuerdo con los niveles de agua en los tanques, además de controlar la regulación de las válvulas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar el estudio técnico de la automatización del sistema de calderas de la Central Térmica Esmeraldas II en CELEC EP mediante simulación para su futura implementación.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema de calderas de la Central Térmica Esmeraldas II, para determinar las variables de estado existentes.
- Diseñar un control automático centralizado que permita relacionar variables asociadas al sistema de calderas que posee la Central Térmica Esmeraldas II para su visualización y control.
- Simular el sistema centralizado con un software especializado para la validación del diseño realizado.

1.4 Beneficiarios finales

El proyecto está orientado a mejorar la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP) y consumidores de la energía que aporta la Central Térmica Esmeraldas II al Sistema Nacional Interconectado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el estado del arte o marco teórico del proyecto, dónde se establece los conceptos analíticos y críticos, necesarios para su desarrollo. Se realiza una representación general de todo lo que interviene en el sistema de calderas de la Central Térmica Esmeraldas II.

2.1 Automatización

Hablar de Automatización se refiere a utilizar sistemas de control moderno o sistemas computarizados para el manejo de alguna máquina sustituyendo la intervención del ser humano por tareas físicas o mentales previamente programadas, incluyendo en este manejo elementos como sensores, actuadores, transmisores, elementos de recolección de datos y controladores lógicos.

La automatización se caracteriza por brindar mayor facilidad al operador en el manejo de maquinaria en cualquier sector industrial, lo cual se lo puede hacer a través de una interfaz humano-máquina (HMI), con esto también reduce el trabajo para el ser humano.

Debido a la tecnología que se puede adquirir hoy en día como los PLC, SCADA y las comunicaciones es más sencillo automatizar cualquier proceso industrial.

Además, la automatización nos brinda ventajas como:

- Disminución de mano de obra en procesos.
- Incremento de la producción.
- Disminución en el mantenimiento de la maquinaria.
- Garantía de calidad.

En los sectores de producción se necesita mantener siempre un avance tecnológico, así como una optimización permanente de todos los procesos que se realicen sobre todo en sectores estratégicos como el caso de Industria Petrolera, industria textil, industria química, centrales eléctricas, en especial las centrales térmicas que son objeto de estudio y en las que se va a basar el presente proyecto. (Marsellach, 2018)

2.1.1 Automatización Industrial

Al manejar controles modernos con sistemas programables computarizados en maquinarias grandes con controladores de gran memoria y más capacidad de entradas y salidas, estamos hablando de una automatización industrial, donde obligadamente se requiere una supervisión bajo un sistema sacada o hmi, los procesos continuos se encuentran orientados a manipular señales de tipo análogo como flujo, caudal, presión, nivel y temperatura, donde la constantemente se depende de la variable tiempo. (Hidalgo & Lafuente, 2017). Una forma de clasificación para definir los diferentes tipos de automatización es la siguiente:

- Automatización Flexible

La flexibilidad es una herramienta efectiva en el proceso de producción industrial ya que se puede presentar cambios que se logran por medio de la reprogramación en el software para modificar partes del programa sin la necesidad de parar la planta y detener la producción. Se encuentran constituidos por una serie de estaciones de trabajo conectadas entre sí y controladas por un computador. (Hidalgo & Lafuente, 2017)

- Automatización Fija

Se habla del proceso donde se usa máquinas de gran tamaño para realizar operaciones fijas y repetitivas a nivel industrial, como desventaja de este tipo de automatización es la gran inversión inicial para equipar y poner en marcha la empresa. (Hidalgo & Lafuente, 2017)

- Automatización Programable

Una automatización Programable es un tipo de tecnología industrial basada en la construcción de prototipos utilizando Programmable Automation Controller (PAC), el cuál es un controlador con módulos de entradas y salidas, además de los buses de datos que se conectan entre sí.

Se encuentra diseñada para adaptarse a los cambios que se requieran mediante programación en el software adecuado, tiene similitud con la automatización fija en el elevado costo de puesta en marcha, pero se compensa con la gran producción que podría generar. (Hidalgo & Lafuente, 2017)

2.2 Sistemas de Control

Las teorías de Control que se utilizan generalmente son la clásica, moderna y robusta. El control automático ha redimido un aporte importante en el avance de la ciencia, ya que forma parte esencial de los diagramas robóticos, en proceso de fabricación y en cualquier operación industrial. (Ogata, 2010)

En la Figura 2.1 se observa un diagrama de bloques para el proceso de control de una planta donde se utiliza un sistema de control moderno, debido a que se utiliza varias entradas y varias salidas lo que se puede aplicar en una planta del sector industrial y en el cual no serviría una teoría de control clásica. (José, 2013)

Figura 2. 1 Diagrama de bloques del control de una planta

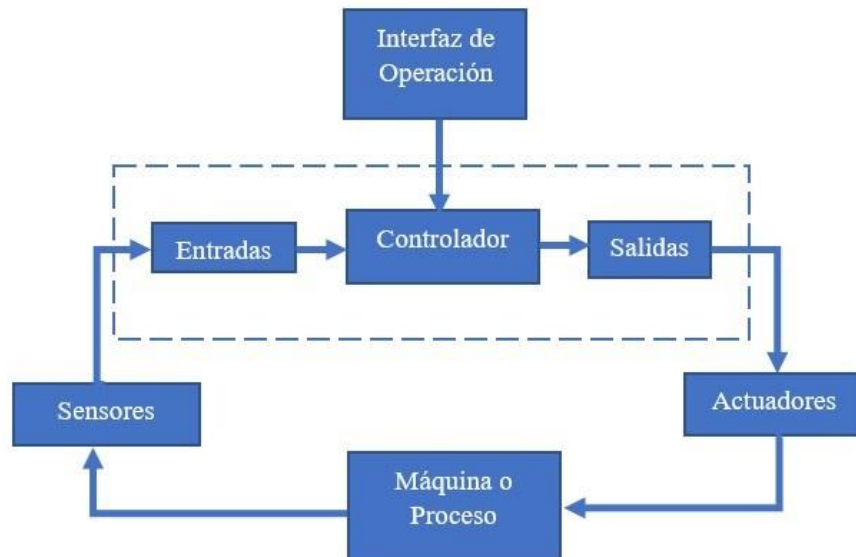


Diagrama de bloques para el control de una planta. Elaborado por: Jorge Gallo





2.3 Simbología Industrial

Los diagramas de control de procesos están compuestos de símbolos, identificadores y líneas, para la representación gráfica de ideas, conceptos y aparatos involucrados en el proceso. Un plano puede llevar símbolos propios ajenos a las normas, pero se recomienda una leyenda explicativa para facilitar la comprensión del plano. (Mendiburu, 2006)

2.3.1 Simbología de figuras

En la Figura 2.2 se observa las figuras que generalmente se utilizan para un plano de instrumentación, un círculo representa a un elemento aislado o elemento discreto, en el tema que el círculo se encuentra adentro de un cuadrado, representa un elemento que participa una pantalla gráfica. Los hexágonos se utilizan para escoger ocupaciones de ordenador y para finalizar se tiene un rombo adentro de un cuadrado que simboliza un PLC. (Mendiburu, 2006)

Figura 2. 2 Simbología de Figuras

Instrumento Discreto	
Display Compartido, Control Compartido	
Función de computadora	
Control Lógico Programable	



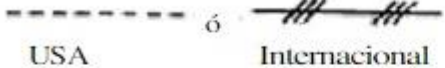









Cuadro de la simbología de figuras utilizadas en plano de instrumentación. Fuente: (Mendiburu, 2006)

2.3.2 Simbología de Líneas

Representa todo lo que se necesita saber en los diagramas de tuberías, P&ID's o planos de instrumentación. Las líneas muestran la forma en que se conectan los elementos, también las tuberías sobre un sistema de control que conforman un lazo de control dentro del diagrama de instrumentación. (Mendiburu, 2006)

En la Figura 2.3 se puede observar un cuadro con la simbología de líneas más utilizadas en los planos de instrumentación de los sistemas de control donde se puede ubicar varios tipos de señales entre ellas, señales eléctricas, señales neumáticas, señales hidráulicas, se utiliza una línea continua para conexión de procesos o enlaces mecánicos, también se encuentra el modelo para una señal indefinida, señal electromagnética guiada y no guiada, para tubo capilar y también para enlace mecánico. (Mendiburu, 2006)

Figura 2. 3 Simbología de Líneas

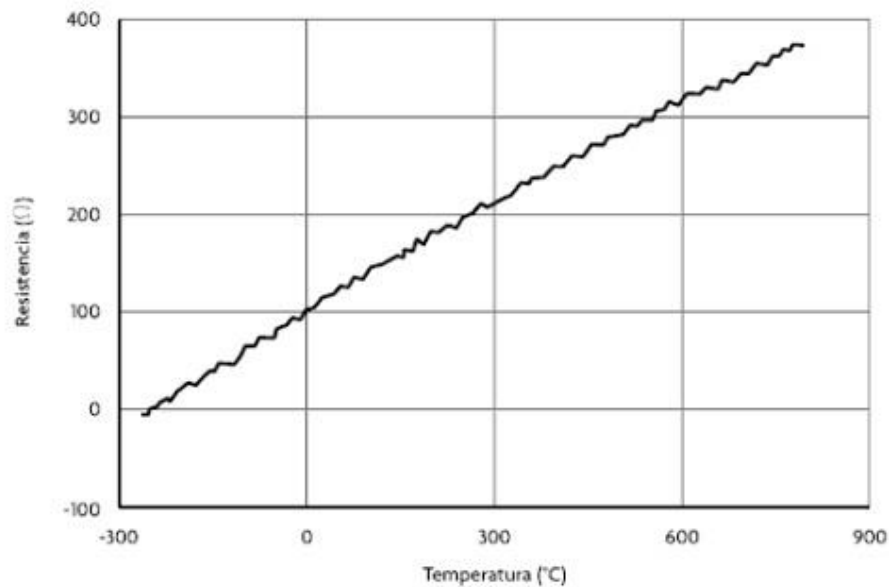
	Conexión a proceso, enlace mecánico, o alimentación de instrumentos.
	Señal indefinida
	Señal Eléctrica
	Señal Hidráulica
	Señal Neumática
	Señal electromagnética o sónica (guiada)
	Señal electromagnética o sónica (no guiada)
	Señal neumática binaria
	Señal eléctrica binaria
	Tubo capilar
	Enlace de sistema interno (software o enlace de información)
	Enlace mecánico

Cuadro de la simbología de líneas utilizadas en el diseño del plano de instrumentación. Fuente: (Marsellach, 2018)

2.4 Sensor de Temperatura

El Sensor de temperatura resistivo (RTD), al igual que el termistor de coeficiente de temperatura positivo, opera de acuerdo con el principio de los cambios en la resistencia eléctrica de los metales puros; quiere decir que mientras la temperatura aumenta también existe un incremento gradual de la resistencia eléctrica. Es uno de los dispositivos más utilizados para medir temperatura debido a las características que posee, como su estabilidad y el cambio lineal en la relación temperatura y resistencia como se puede observar en la Figura 2.4 que experimenta una variación proporcional en el cambio de valor. (Corona, Abarca, & Carreño, 2014)

Figura 2. 4 Curva de Sensor de temperatura resistivo



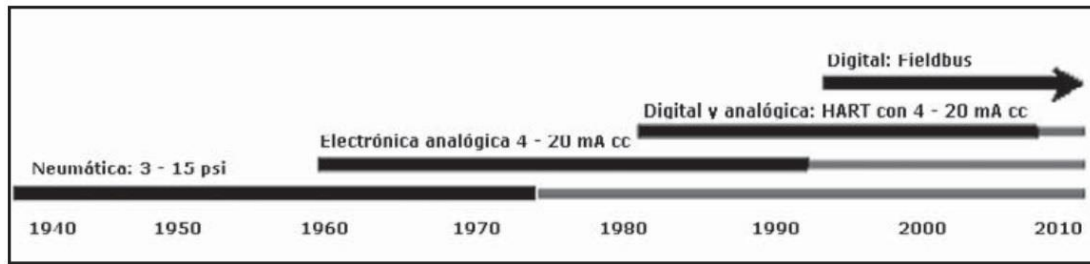
Curva de la variación proporcional entre la temperatura y la resistencia del sensor. Fuente: (Corona, Abarca, & Carreño, 2014)

2.5 Transmisores

Estos elementos atraen la variable de proceso mediante un elemento primario y la envían a distancia a manera de señal neumática, eléctrica, óptica, etc. La señal electrónica es de 4 a 20 mA de corriente continua, la señal neumática es de 3 a 15 psi, la señal hidráulica es utilizada cuando son presiones elevadas para el funcionamiento de pistones hidráulicos en dispositivos finales de control, señales de radio se utilizan para la transmisión a grandes distancias. (Creus Solé, 2010)

En la Figura 2.5 se puede observar cómo ha evolucionado la señal de transmisión hasta la señal digital, lo cual ha permitido satisfacer dicha necesidad, la señal digital brinda mayor exactitud, por lo que ya casi no se utiliza la señal neumática y la señal electrónica, lo que ha permitido la facilidad de comunicación y grabación en la memoria histórica de las variables de proceso. (Creus Solé, 2010). Para el presente proyecto de titulación mediante los transmisores de nivel y de presión ubicados en los tanques de las calderas se envía una señal eléctrica y podemos obtener los datos para el correcto funcionamiento de la caldera.

Figura 2. 5 Señales de Transmisión



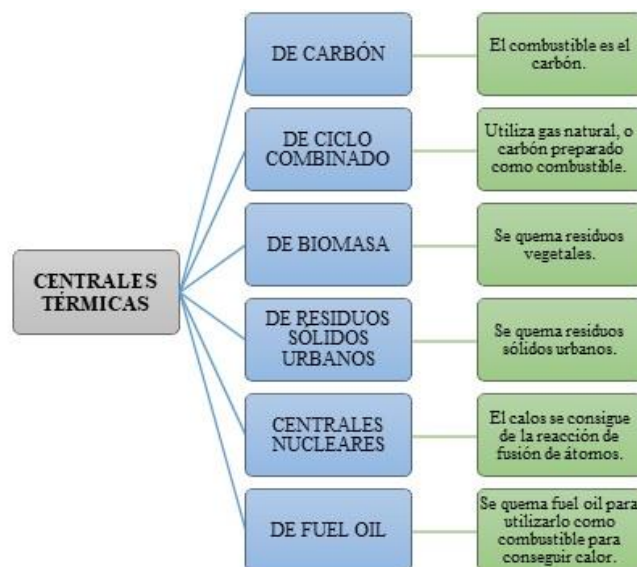
Evolución de las señales de transmisión. Fuente: (Creus Solé, 2010)

2.6 Centrales Térmicas

Las centrales térmicas se encargan de producir energía eléctrica partiendo de energía liberada a manera de calor, generalmente mediante la combustión de combustibles fósiles, como por ejemplo el gas natural, el carbón, y el fuel oil o petróleo, utilizan tecnologías clásicas mediante un ciclo de agua y vapor, se utiliza el calor por un espacio termodinámico para mover un alternador y así generar energía eléctrica.

Según el tipo de combustible que sea utilizado para calentar el agua, existe diferentes tipos de Centrales Térmicas, las cuales se clasifican y describen en la Figura 2.6, todas trabajan de forma similar la diferencia radica en el tipo de combustible con el que van a funcionar el motor que activa al generador, para que este pueda suministrar de energía.

Figura 2. 6 Cuadro de las Centrales Térmicas.



Cuadro de clasificación de las centrales térmicas. Elaborado por: Jorge Gallo

La Central Térmica Esmeraldas II utiliza Fuel Oil número 6 para alimentar los motores de cuatro tiempos de combustión interna que activan los generadores, este combustible se obtiene de la refinería de Esmeraldas.

2.6.1 Central Térmica de Fuel Oil

Una caldera con quemador de Fuel Oil, al tratarse de un combustible pesado, en algunas ocasiones se debe calentarlo para ser bombeado por lo tanto hay que realizar el respectivo mantenimiento al quemador y a la caldera, son quemadores de gran capacidad y se recomienda para grandes construcciones donde se pueda ubicar la caldera y el depósito de combustible tiene ventajas como un excelente confort térmico y bajos costos de energía de calefacción y una desventaja es como muchas veces se necesita el depósito de combustible cerca de la caldera este debe ser abastecido periódicamente para no tener tanto peligro. (Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay, 2018)

En las Calderas de Fuel Oil también se presenta el inconveniente de las oscilaciones en el costo del petróleo y en ocasiones se pide tratamientos de desulfuración de los humos para reducir la contaminación. (Pérez & Méndez, 2011). En la Central Térmica de Esmeraldas II no existiría problema con estos inconvenientes, debido a que el combustible se lo extrae de la refinería Esmeraldas y al encontrarse a una distancia considerable, en este caso también se anula la desventaja mencionada anteriormente.

2.7 Central Térmica Esmeraldas II

En el año 2011, CELEC EP, acuerda con la empresa china HARBIN ELECTRIC INTERNATIONAL CO. LTD; que se encargue de implementar la Central Térmica Esmeraldas II, con la ventaja de ubicarse a pocos metros de la refinería Esmeraldas la cual es su fuente de combustible, esta se terminó de implementar en el 2014. (TERMOESMERALDAS, 2018)

La Central Térmica Esmeraldas II está situada en la Provincia de Esmeraldas, Cantón Esmeraldas, Parroquia Vuelta Larga, en el km 7 ½ de la vía Esmeraldas-Atacames, localizada frente a la refinería de Esmeraldas y a orillas del Río Tiaone, se lo puede observar en la Figura 2.7.

Figura 2. 7 Mapa de CELEC EP-TermoEsmeraldas II



Ubicación Geográfica Central Térmica Esmeraldas II. Elaborado por: Jorge Gallo

La Central Térmica Esmeraldas II es una generadora que funciona a base de motores de combustión interna, cada motor posee una potencia de 8.35 MW y tiene 8.40 m. de longitud; 5 m. de alto y 3.60 m. de ancho, su peso es de 134 toneladas, los motores mueven generadores eléctricos con los cuales la Central Térmica Esmeraldas II aporta con 96 MW al sistema nacional interconectado. (TERMOESMERALDAS, 2018), se encuentra estructurada de la siguiente manera:

2.7.1 Sistema de Tanques

La Central Térmica cuenta con dos cubetos de siete tanques cada uno para acumulación de aceites, combustibles y aguas oleosas. Se utilizan los tanques de 2 mil metros cúbicos de capacidad para el almacenamiento de combustibles como el fuel oil y el Diesel, 2 para Diesel y un tanque diario de fuel oil, los cuales se conectan a la central mediante tuberías colocadas en pipes racks; para el almacenamiento de aceite se utiliza un tanque de acero inoxidable.

Figura 2. 8 Sistema de tanques



Tanques de la Central Térmica Esmeraldas II, Fuente: TermoEsmeraldas.

2.7.2 Área casa máquinas

Tiene una dimensión de 120 m. de largo por 40 m. de ancho, donde se encuentra ubicados los 12 motores de combustión interna de cuatro tiempos cada uno con su generador, también se encuentra dotada de un puente grúa de 16 toneladas de capacidad, esta grúa ayudará con el montaje y mantenimiento de las unidades, además también se encuentra maquinaria que se utiliza para el funcionamiento de la central térmica.

Figura 2. 9 Área de máquinas



Área de motores y generadores, Fuente: TermoEsmeraldas.

2.7.3 Área de calderos y chimeneas

Los calderos utilizan los gases que salen de la combustión de los motores para generar vapor con el cual se calienta el Fuel Oil número 6 para darle la temperatura y fluidez exacta que permita circular por la tubería y así alimentar a los motores.

Para cada motor se tiene su respectivo caldero con una chimenea de 30 m. de altitud aproximadamente que cuenta con un silenciador para reducir el sonido que produce la turbulencia de los gases. (TERMOESMERALDAS, 2018)

Figura 2. 10 Área de Calderos y Chimeneas



Calderos y chimeneas de la Central Térmica Esmeraldas II. Elaborado por: Jorge Gallo

2.7.4 Sala de Control

En esta sala se encuentra un sistema de control distribuido de la marca FOXBORO, Invensys, como se lo observa en la Figura 2.11, donde llega todas las señales de sensores y actuadores con las cuales se monitorea y controla todos los equipos de la central. (TERMOESMERALDAS, 2018)

La sala de control de la central térmica Esmeraldas II debe contar con un sistema de refrigeración adecuado, ya sea con aire acondicionado debido a que la provincia de Esmeraldas es de clima cálido y húmedo, lo que puede ocasionar daños a los instrumentos que reciben las señales.

Figura 2. 11 Elemento de control FOXBORO



Elemento de control marca FOXBORO INVENSYS. Elaborado por: Jorge Gallo

2.7.5 Regulador de voltaje

Con los instrumentos AGR (Automatic, Generation Control) se disminuye la cantidad de combustible que consume el motor para generar energía. Existen otros dispositivos que regulan la temperatura del combustible, presiones, temperatura de salida de escapes y la presión de las válvulas. El control de los motores esta comandado por PLC's, y todos llegan al control general o DCS (Sistema de Control Distribuido).

La hélice se mueve por un motor eléctrico de 30 HP el cual tiene 4 radiadores de alta temperatura y 2 de baja temperatura, el cual genera corriente suficiente de aire para enfriar el agua desmineralizada que llega a los motores, formando así un circuito cerrado. (TERMOESMERALDAS, 2018)

Figura 2. 12 Sistema de Radiadores



Radiadores ubicados en la Central Térmica Esmeraldas II. Elaborado por: Jorge Gallo

2.7.6 Subestación eléctrica

La Central Térmica Esmeraldas II, se compone de 12 motores de 8.35 MW y un voltaje de 13800 voltios, alineado en barra de 6 motores cada uno con su respectivo generador, cada barra arroja 48 MW que surgen de la subestación mediante 2 transformadores con potencia nominal de 50 MW cuando no es enfriado con aceite y de 63 MW cuando si es enfriado, estos transformadores envían la energía eléctrica a la línea de transmisión que se une con el Sistema Nacional Interconectado en la subestación de Transelectric. (TERMOESMERALDAS, 2018)

Figura 2. 13 Subestación eléctrica.



Subestación Eléctrica de la Central Térmica Esmeraldas II, Fuente: TermoEsmeraldas.

El área de calderos es el objeto de estudio del presente proyecto, por tal motivo se realiza un enfoque especial en dicha área, para poder realizar su estudio y así plantear un diseño y realizar la respectiva simulación para su futura implementación.

La Central Térmica Esmeraldas II tiene una generación de 96 MW que aporta al sistema nacional interconectado con 12 unidades de generación, cada unidad tiene un motor y un generador, como se puede observar en la Figura 2.14, los motores son de 4 tiempos, de combustión interna cada uno tiene una potencia de 8 MW, 600 rpm de velocidad y un sistema de refrigeración por radiadores. Para el funcionamiento de cada unidad de generación se utiliza el combustible Bunker Ni 6, este combustible es producido en la Refinería Esmeraldas, pero es muy viscoso y difícil de transportar por tuberías cuando está frío, por eso se lo calienta mediante vapor.

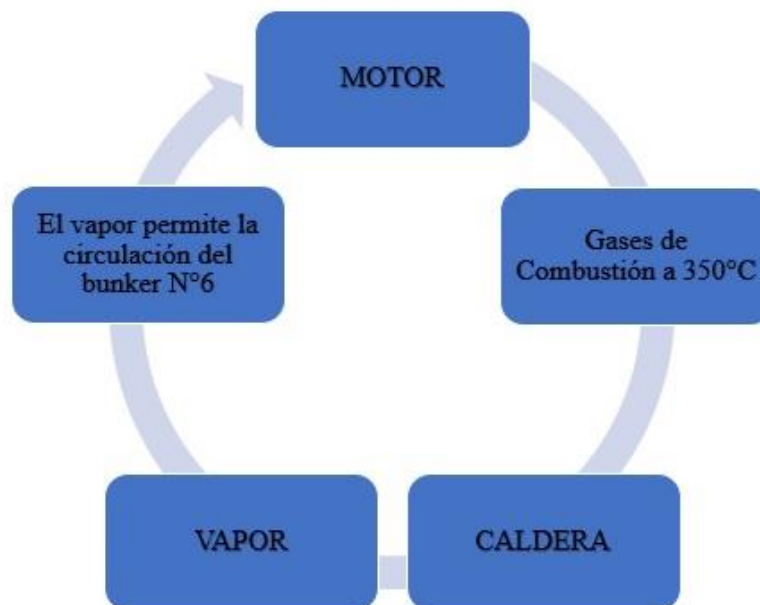
Figura 2. 14 Unidad de Generación



Composición de una unidad de generación. Elaborado por: Jorge Gallo

Las calderas son del tipo acuatubulares y utilizan los gases de combustión de los motores para calentar el agua que pasa en las calderas en tubos internos. Los gases que salen del motor están a una temperatura de 350 °C, suficiente para hervir el agua y convertirla en vapor.

Figura 2. 15 Diagrama de funcionamiento del motor



Funcionamiento del motor de 4 tiempos. Elaborado por: Jorge Gallo

CAPITULO 3

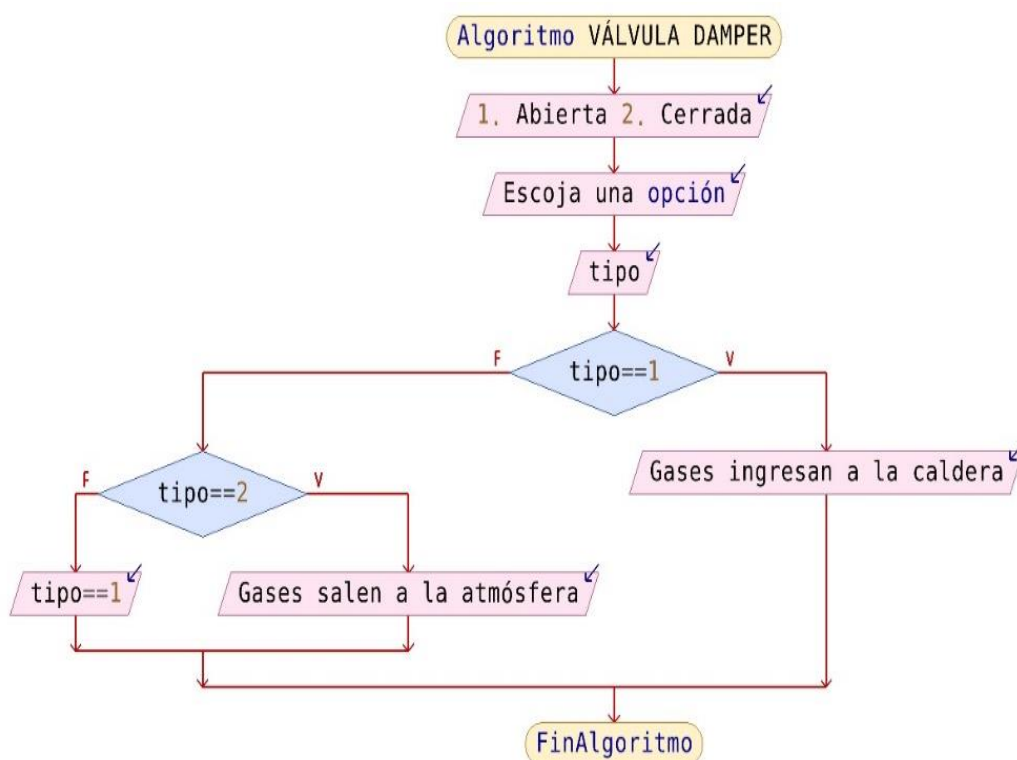
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALDERAS

3.1 Especificaciones, estructura y funcionamiento del sistema de calderas

El sistema de calderas de la Central Térmica Esmeraldas II tiene como principio fundamental la generación de vapor, este se utiliza para calentar Bunker #6 que es el combustible con el cuál funcionan los motores, que cuando se encuentra frio es muy viscoso y difícil de transportar.

Para generar este vapor cada caldera utiliza los gases de combustión interna que son expulsados de su respectivo motor a una temperatura de 350 °C, suficiente para hervir el agua y convertirla en vapor, estos gases ingresan al cuerpo de la caldera donde se encuentra el sistema de tuberías por el cual se transporta el agua, para permitir el paso de los gases se utiliza la válvula DAMPER de 3 vías y los gases que no ingresan al cuerpo de la caldera los envía directamente a la atmosfera. Su funcionamiento se lo describe en el diagrama de flujo de la Figura 3.1.

Figura 3. 1 Diagrama de flujo de la válvula Damper



Funcionamiento de la válvula DAMPER. Elaborado por: Jorge Gallo

En el plano de instrumentación de la Figura 3.2 se observa que cada caldera se encuentra constituida por 2 tanques, el desaireador y el de baja presión LP o DOMO, también se encuentra el cuerpo de la caldera donde están las tuberías, un tubo llamado sobrecalentador o superheater que es donde se extrae las últimas partículas de agua para que pase solamente vapor y el cabezal de vapor donde llega el vapor generado por la caldera, también posee una bomba para recirculación de agua, 8 válvulas (5 válvulas ON/OFF y 3 válvulas de regulación), y la válvula damper de tres vías.

El objetivo del funcionamiento de la caldera principalmente se basa en la generación de vapor a partir del agua que se encuentra en el tanque de condensación ubicado en la Central Térmica, en este tanque se acumula toda el agua eliminada por las calderas para reutilizarla. El procedimiento que sigue la caldera para generar vapor es el siguiente:

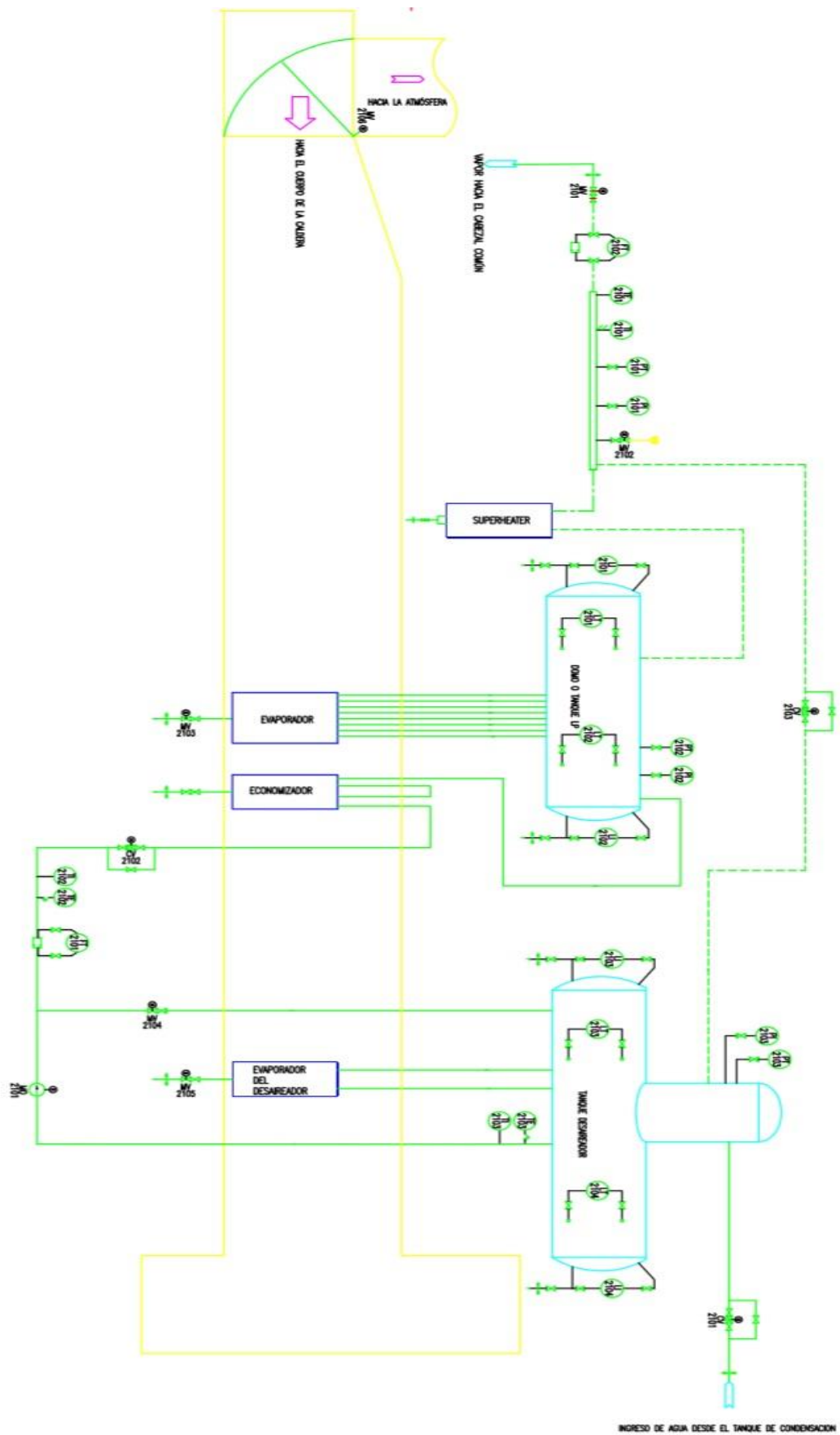
El tanque desaireador se llena de agua mediante una válvula de regulación de nivel que permite el paso de agua desde el tanque de condensación o reservorio que se encuentra en la planta, para medir el nivel de agua que se encuentra en este tanque se utiliza el promedio de dos transmisores ubicados en él mismo.

Una vez que el tanque desaireador se llene hasta la mitad, empieza un proceso de recirculación de agua para que este se caliente y obtenga la temperatura adecuada para que pueda ingresar al tanque LP o domo, la recirculación de agua se realiza con la ayuda de una bomba y se tiene una válvula para que permita el ingreso de nuevo al desaireador.

Después de que el agua llegue al Domo, este se llena hasta la mitad de igual manera que el tanque desaireador con el promedio de otros dos transmisores de nivel ubicados en el tanque, con la temperatura del agua y la presión adecuada del domo se empieza a generar el vapor.

En el tanque LP el agua se convierte en vapor para luego pasar a un tubo o tanque más pequeño llamado superheater o super calentador en el cual se eliminan las últimas partículas de agua y permite que el vapor llegue al cabezal de la caldera, el cual lo envía a un cabezal común, mediante una válvula on / off que permite el paso.

Figura 3. 2 Plano de Instrumentación de una caldera



Plano de Instrumentación (P&ID) de una caldera. Elaborado por: Jorge Gallo

3.2 Elementos principales del sistema de calderas

3.2.1 Tanque Desaireador

Es un tanque de acero inoxidable con una capacidad de 500 m³, su indicador muestra un nivel de 250 a -250 m³ como se puede ver en la Figura 3.3.

Figura 3.3 Regla de nivel del tanque desaireador.



Regla de nivel del tanque desaireador de -250 a 250 metros cúbicos. Elaborado por: Jorge Gallo

El tanque desaireador que se muestra en la Figura 3.4 no es totalmente cerrado, ahí se libera el agua del oxígeno para que esta pueda convertirse en vapor, el tanque siempre debe tener una cantidad de agua de 0 a 100 m³, es decir su nivel debe estar lleno mínimo al 50%, para que el sistema trabaje de forma adecuada.

Figura 3. 4 Tanque desaireador.

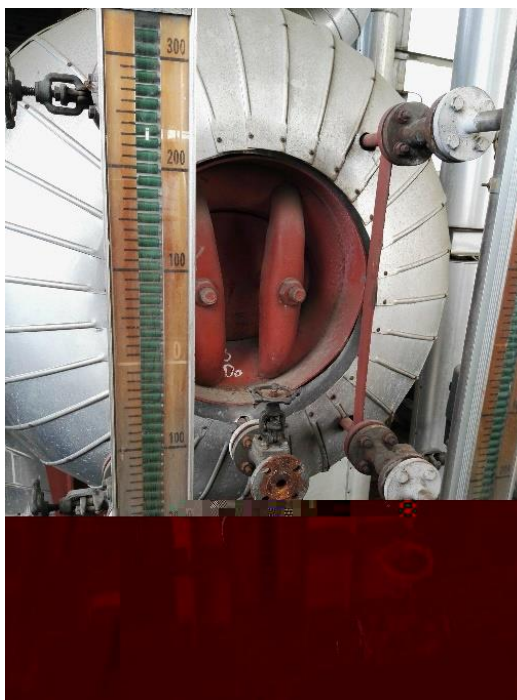


Tanque desaireador de -200 a 200 metros cúbicos. Elaborado por: Jorge Gallo

3.2.2 Tanque LP o Domo de baja de presión

El Domo es un tanque de acero inoxidable con una capacidad de 600 metros cúbicos, su indicador de nivel muestra de -300 a 300 metros como se muestra en la Figura 3.5.

Figura 3. 5 Indicador de nivel de Domo.



Indicador de nivel del Domo de -300 a 300 metros cúbicos. Elaborado por: Jorge Gallo

El tanque LP o Domo de baja de presión que se muestra en la Figura 3.6, al igual que el tanque desaireador debe mantener un nivel por arriba de la mitad, es decir de 0 a 100 metros cúbicos y aparte del nivel en este tanque también se debe controlar la presión, la cual debe ser menor a 7.5 Bares.

Figura 3. 6 Tanque LP o Domo de baja presión.



Tanque de baja presión o Domo. Elaborado por: Jorge Gallo

3.2.3 Chimenea principal de la caldera

La pila principal se compone de combustión de entrada, parte inferior, el silenciador, parte superior, la plataforma, escaleras y pararrayos de un material aislante. La chimenea tiene una altura de 30 m y está conectada mediante pernos y en algunos lugares se encuentra soldada herméticamente.

3.2.4 Cuerpo de la caldera

El cuerpo de la caldera consiste en el sistema de tuberías que se encuentra al interior de la caldera por donde pasa el agua y vapor, está comprendido por un sistema de tubos llamados: sobrecalentador, evaporador, economizador, un evaporador de desaireación, también se encuentra la carcasa de la caldera y una plataforma.

En la Tabla 3.1 se puede observar algunas características de los tubos que se encuentran al interior de la caldera.

Tabla 3. 1 Características de los tubos.

Nº	NOMBRE	UNIDAD	SOBRECALENTADOR	EVAPORADOR	ECONOMIZADOR	SEPARADOR DE AIRE DE EVAPORACIÓN
1	Especificación de tubo	mm	25*3	25*3	25*3	25*3
2	Tipo de arreglo	/	secuencial	escalonada	secuencial	escalonada
3	Material de la tubería y aleta	/	20/ 08 AL	20/ 08 AL	20/ 08 AL	20/ 08 AL
4	Altura de la aleta	mm	12,5	12,5	12,5	12,5
5	Paso de aleta	mm	5,6	5,6	5,6	5,6
6	Tamaño horizontal	mm	67	62	67	62
7	Tamaño vertical	mm	116	54	108	54
8	Número de tubos de cada fila	/	22	24/23	22	24/23
9	Número de filas	/	2	21	2	3

Tabla de las características de los tubos del cuerpo de la caldera. Elaborado por: Jorge Gallo

3.3 Elementos y tuberías del Cuerpo de la caldera

3.3.1 Sobrecalentador

El sobrecalentador o superheater es un tubo vertical en espiral con aletas de superficie con dos cabeceras, este grupo de tubos está organizado de forma secuencial, el colector de salida de los gases está equipado con tubos soportes para las válvulas de seguridad, y en la parte inferior está equipado con juntas de drenaje de la tubería.

3.3.2 Evaporador

El Evaporador de la caldera comprende un grupo de tubos en forma vertical en espiral con aletas de superficie como climatizada con dos cabeceras. Este grupo está organizado de manera escalonada y se divide en veintiún filas. La cabecera por encima de la caldera del grupo de evaporación está conectada con el tambor por tubo de conexión y la cabecera inferior está conectado mediante tubos más pequeños.

El bucle de circulación natural se compone de tambor, siete grupos de tuberías de calefacción y la cabecera de conexión. La cabecera de conexión está equipada con juntas regulares de tubería para purga o drenaje en su parte inferior.

3.3.3 Economizador

El economizador se adopta de tipo vertical en espiral con aletas de superficie como climatizada con dos cabeceras. Este grupo de tubos está organizado de forma secuencial y se divide en dos filas, dispuestos como un grupo. La cabecera inferior tiene unión de tubo y el tubo de descarga de agua. La cabecera superior tiene el tubo de soporte de descarga de agua y el tubo de descarga de gas.

3.3.4 Evaporador de desgasificación o Separador de aire de evaporación

El evaporador de desaireación comprende en un grupo de tubería, el desaireador y sus equipos internos, se adoptó el tipo vertical en espiral con aletas de superficie como climatizada con dos cabeceras, este grupo de tubos está organizado de manera escalonada y se dividió en tres filas, dispuestos como un grupo. La cabecera superior del grupo de evaporación está conecta con el desaireador por un tubo de conexión y la cabecera inferior está conectada y equipada con juntas regulables de tubería para purga o drenaje.

3.3.5 Carcasa de la caldera

La carcasa de la caldera consta de una viga, columna, carcasa lateral, carcasa superior y deflector de gas. Es una estructura para el apoyo de equipos y componentes combinados como la plataforma o escaleras. La carcasa de la caldera proporciona un espacio hermético para el intercambio de calor y en la carcasa lateral está equipado una puerta para la inspección y reparación de la caldera.

3.4 Válvulas

Cada caldera cuenta con un sistema de válvulas, se encuentra 3 válvulas de control de regulación con actuador eléctrico, las cuales se describirá sus características en la Tabla 3.2 y se la puede observar en la Figura 3.7, estas válvulas cuentan con un actuador lineal motorizado, sus características se observan en la Tabla 3.3 y en la foto de la Figura 3.8.

Tabla 3. 2 Características de la válvula de Control.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REGULACIÓN CON ACTUADOR ELÉCTRICO		
	TIPO 1	TIPO 2
Fluido	Agua Caliente	Agua Caliente
Material del cuerpo	WCB	WCB
Conexiones	Brida RF clase DIN - PN16	Brida RF clase DIN - PN16
Diámetro nominal	DN 25	DN 32
Máxima Temperatura	<250°C	<250°C

Tabla de características técnicas de la válvula de control de regulación con actuador eléctrico.

Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 3. 7 Válvula de control de regulación.



Válvula de control de regulación con actuador eléctrico. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 3. 3 Características del actuador motorizado para válvula.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACTUADOR LINEAL MOTORIZADO PARA VÁLVULA		
	TIPO 1	TIPO 2
Alimentación	208 Vac 60 Hz	208 Vac 60 Hz
Potencia de entrada	63VA	63VA
Entrada de control de apertura	4 a 20 mA	4 a 20 mA
Posicionador integrado	4 a 20 mA	4 a 20 mA
Máxima Fuerza	4,5 kN	4,5 kN
Rango de velocidad	1 mm/s	1 mm/s
Carrera	14 mm	25 mm
Temperatura Ambiente	20 a 60 °C	20 a 60 °C
Protección	IP65	IP65
Protección de carcasa	IP67	IP67

Tabla de las características técnicas del actuador lineal motorizado para válvula. Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 3. 8 Placa del actuador lineal motorizado.



Foto de la placa del actuador lineal motorizado para válvula. Elaborado por: Jorge Gallo

Cada caldera también tiene 5 válvulas de control ON/OFF con actuador eléctrico que se la puede observar en la Figura 3.9 y sus características se describe en la Tabla 3.4. Las características del actuador eléctrico motorizado de cada una de estas válvulas se las observa en la Tabla 3.5, así como la foto de la placa en la Figura 3.10.

Tabla 3. 4 Características técnicas de la válvula ON / OFF.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÁLVULA ON / OFF CON ACTUADOR MOTORIZADO		
	TIPO 1	TIPO 2
Fluido	Vapor y Agua Caliente	Vapor y Agua Caliente
Material del cuerpo	WCB	WCB
Conexiones	Brida RF clase DIN - PN16	Brida RF clase DIN - PN16
Diámetro nominal	DN 50	DN 25
Máxima Temperatura	<250°C	<250°C

Tabla de las características técnicas de la válvula ON / OFF con actuador motorizado. Elaborado por:

Jorge Gallo

Figura 3. 9 Válvula ON / OFF



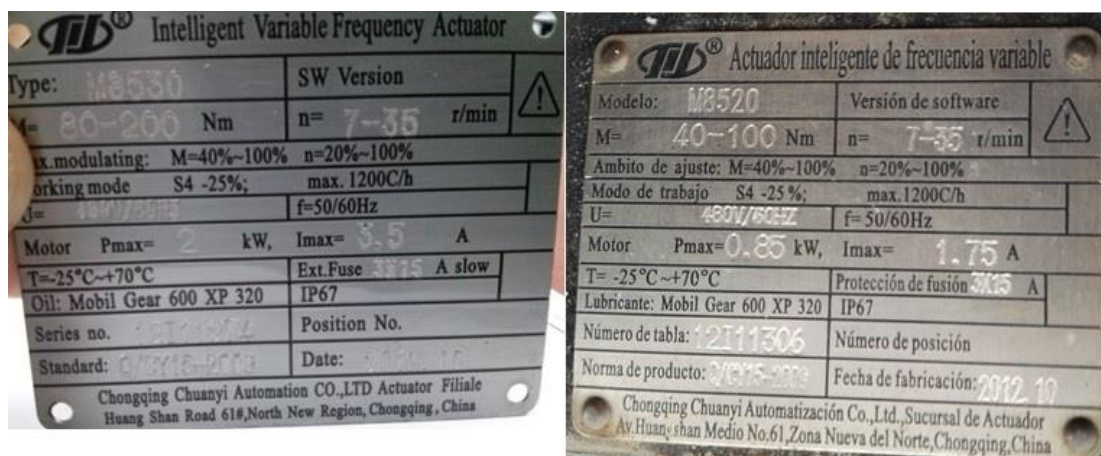
Foto de válvula ON / OFF con actuador motorizado. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 3. 5 Características del actuador eléctrico motorizado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACTUADOR ELÉCTRICO MOTORIZADO		
	TIPO 1	TIPO 2
Alimentación	480 Vac 60 Hz (TRIFASICO)	480 Vac 60 Hz (TRIFASICO)
Torque nominal	80-200 Nm	40-100 Nm
Velocidad nominal	7 a 35 r/min	7 a 35 r/min
Modo de trabajo	S4-25%	S4-25%
Potencia máxima	2kW	0,85kW
Corriente máxima	3,5A	3,5A
Temperatura Ambiente	25 a 70 °C	25 a 70 °C
Fusible	3x15 (slow)	3x15 (slow)

Características técnicas del actuador eléctrico motorizado. Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 3. 10 Placas de los dos tipos de actuador eléctrico motorizado.



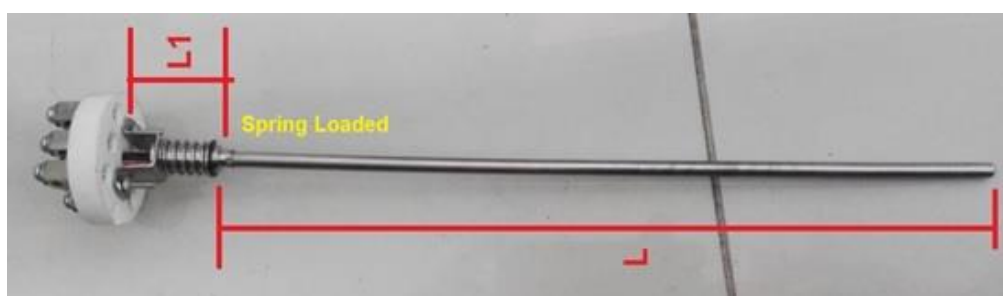
Fotos de las placas de los dos tipos de actuador eléctrico motorizado. Elaborado por: Jorge Gallo

3.5 Sensores y Transmisores

3.5.1 Sensores de Temperatura

El Sensor de la Figura 3.11 es un sensor de temperatura para calderas Bulbo con pastilla conectora y amortiguador (Spring loaded), se encuentra ubicado en el cabezal de vapor de la caldera y sus características se las observa en la Tabla 3.6, la temperatura máxima de operación es de 110 °C, pero la temperatura del vapor que llega al cabezal es menor, lo que permite trabajar al sensor de una manera correcta, descartando fallas en el mismo.

Figura 3. 11 Sensor Bulbo con pastilla conectora y amortiguador.



Sensor de temperatura para calderas bulbo con pastilla conectora y amortiguador. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 3. 6 Características del sensor Bulbo con Pastilla conectora y amortiguador.

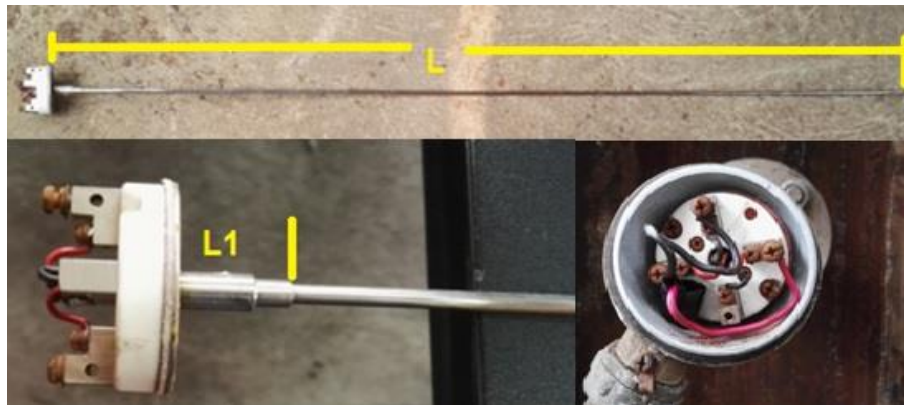
Tipo	RTD 3 hilos - Duplex - Pt100 (385)
Material del bulbo	AISI 316
Diámetro externo	6 mm
Longitud l	29,5 cm
Longitud l1	4 cm
Max. temp. de operación	110 °C

Tabla de las características del sensor de temperatura bulbo con pastilla conectora y amortiguador.

Elaborado por: Jorge Gallo

El Sensor de Temperatura de gases de Escape en Calderas, Bulbo con pastilla conectora se lo puede observar en la Figura 3.12, este sensor se encuentra a la entrada y salida de calderas, sus características se pueden ver en la Tabla 3.7, los gases de combustión interna salen del motor a 350 °C, por lo que el sensor trabaja hasta la mitad de su rango máximo ayudando así a que su vida útil sea larga y los datos sean con grado alto de precisión y exactitud.

Figura 3. 12 Sensor de temperatura de gases de escape



Sensor de temperatura de gases de escape, bulbo con pastilla conectora. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 3. 7 Características de sensor de temperatura de gases de escape

Tipo	Termocupla K (sensor doble: 4 cables)
Diámetro externo	5 mm
Longitud l	116 cm
Longitud l1	3 cm
Max. temp. de operación	600 °C

Tabla de características de sensor de temperatura de gases de escape. Elaborado por: Jorge Gallo

3.5.2 Transmisores de Presión

Transmisor de Presión Manométrica, lo encontramos en las calderas de la Central Térmica, sistemas comunes y sistemas auxiliares sus características se las puede observar en la Tabla 3.8 y al transmisor se lo puede observar en la Figura 3.13.

Figura 3. 13 Transmisor de Presión Manométrica



Transmisores de presión manométrica ubicados en el sistema de calderas. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 3. 8 Características del Transmisor de Presión Manométrica

Datos	Descripción
Fluido a sensar	Agua (Hasta temperatura de 90°C)
Máximo Span Permisible	0,3 a 30 Bar
Exactitud	0,06% (0,075% Máximo)
Rango de Calibración	0 a 10 Bar
Material del Diafragma	Hastelloy C-276. Se acepta alternativas similares o superiores.
Líquido de llenado	Silicona
Material de la conexión	AISI 316 Lss
Tipo de conexión	Inferior 1/2" - 14 NPT hembra
Cabezal de conexiones	Carcasa en Aleación de Aluminio con tomas de 1/2" NPT Pintura para ambientes salinos (Tropicales) Bajo protección NEMA 4X Incluye prensa cable de 1/2" (por cada unidad)
Comunicación	Advanced HART Debe permitir la configuración básica (Unidad de medición y LRV/URV tanto en salida como en Display local) como mínimo ante cualquier configurador HART de cualquier marca.
Salida	4 a 20mA (En bucle de alimentación 2 hilos)
Aprobaciones	Aprobaciones FM (USA)
Display	LCD Digital integral (Visualización de unidades de ingeniería)
Opcionales	Protección contra Transientes
	Accesorios para montaje en tubería de 2" (Mounting Bracket)
	Certificado de Calibración en puntos dentro del rango especificado

Tabla de características del transmisor de presión manométrica. Elaborado por: Jorge Gallo

Transmisor de Presión Diferencial, es un transmisor con válvula de 3 vías acoplada directamente que se lo utiliza para medición de nivel en el Desaireador, sus características se las puede observar en la Tabla 3.9 y el transmisor se lo observa en la Figura 3.14, como se puede observar en las características su cabezal está protegido para ambientes salinos, lo que es importante debido a que la Central Térmica se encuentra cerca del mar, además que la presión de trabajo sería 7.5 Bar.

Tabla 3. 9 Características del Transmisor de Presión Diferencial

Datos	Descripción
Fluido a sensar	Agua de alimentación a Caldera (Agua caliente y Condensado)
Máximo Span Permisible	6,5 a 650 mBar
Exactitud	0,06% (0,075% Máximo)
Rango de Calibración	LRV: -600/URV:0 unit: mmH2O
Máxima Presión Estática	21MPa (210bar, 3045psi)
Material del Diafragma	AISI 316 Lss
Material de la conexión	AISI 316 Lss / Empaques en Viton
Tipo de conexión	Válvula Manifold de 3 vías directamente ensamblada al transmisor según IEC61518/8 Presión máxima de 6000PSI Material de las partes húmedas 316L Conexión al proceso roscada de 1/2" NPT hembra
Cabezal de conexiones	Carcasa en Aleación de Aluminio con tomas de 1/2" NPT Pintura para ambientes salinos (Tropicales) Bajo protección NEMA 4X Incluye prensa cable de 1/2" (por cada unidad) Posibilidad de giro de 180° del cabezal para indicación en campo
Comunicación	Advanced HART Debe permitir la configuración básica (Unidad de medición y LRV/URV tanto en salida como en Display local) como mínimo ante cualquier configurador HART de cualquier marca.
Salida	4 a 20mA (En bucle de alimentación 2 hilos)
Aprobaciones	Aprobaciones FM (USA)
Display	LCD Digital integral (Visualización de unidades de ingeniería)
Opcionales	Protección contra Transientes
	Accesorios para montaje en tubería de 2" (Mounting Bracket)
	Certificado de Calibración en puntos dentro del rango especificado

Tabla de características del transmisor de presión diferencial para medición de nivel en el desaireador.

Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 3. 14 Transmisor de Presión Diferencial con válvula de 3 vías acoplada en el transmisor



Transmisor de Presión Diferencial con válvula de tres vías acoplada al transmisor para medición del nivel en el desaireador. Elaborado por: Jorge Gallo

El Transmisor de Presión Diferencial para medición de Nivel en Domo LP, tiene acoplado una válvula de 3 vías muy similar al transmisor que se utiliza para medir el nivel del tanque desaireador, se lo observa en la Figura 3.15, y sus características se las puede observar en la Tabla 3.10.

Figura 3. 15 El Transmisor de Presión Diferencial para medición de Nivel en Domo LP



Transmisor de Presión Diferencial con válvula de tres vías acoplada al transmisor para medición del nivel en el tanque LP. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 3. 10 Características del Transmisor de Presión Diferencial

Datos	Descripción
Fluido a sensar	Agua de alimentación a Caldera (Agua caliente y Condensado)
Máximo Span Permisible	6,5 a 650 mBar
Exactitud	0,06% (0,075% Máximo)
Rango de Calibración	LRV: -500/URV:0 unit: mmH2O
Máxima Presión Estática	21MPa (210bar, 3045psi)
Material del Diafragma	AISI 316 Lss
Material de la conexión	AISI 316 Lss / Empaques en Viton
Tipo de conexión	Válvula Manifold de 3 vías directamente ensamblada al transmisor según IEC61518/8 Presión máxima de 6000PSI Material de las partes húmedas 316L Conexión al proceso roscada de 1/2" NPT hembra
Cabezal de conexiones	Carcasa en Aleación de Aluminio con tomas de 1/2" NPT Pintura para ambientes salinos (Tropicales) Bajo protección NEMA 4X Incluye prensa cable de 1/2" (por cada unidad) Posibilidad de giro de 180° del cabezal para indicación en campo
Comunicación	Advanced HART Debe permitir la configuración básica (Unidad de medición y LRV/URV tanto en salida como en Display local) como mínimo ante cualquier configurador HART de cualquier marca.
Salida	4 a 20mA (En bucle de alimentación 2 hilos)
Aprobaciones	Aprobaciones FM (USA)
Display	LCD Digital integral (Visualización de unidades de ingeniería)
Opcionales	Protección contra Transientes
	Accesorios para montaje en tubería de 2" (Mounting Bracket)
	Certificado de Calibración en puntos dentro del rango especificado

Tabla de características del transmisor de Presión Diferencial para medir el nivel del domo LP.

Elaborado por: Jorge Gallo

Las características del transmisor de Presión Diferencial que se utiliza para medición de flujo de vapor hacia el cabezal se las puede observar en la Tabla 3.11.

Tabla 3. 11 Características del Transmisor de Presión Diferencial para medir el flujo de vapor

Datos	Descripción
Fluido a sensor	Vapor (uso en Placa orificio), para Medición de Flujo de Vapor
Máximo Span Permisible	6 a 600 Kpa
Exactitud	0,06% (0,075% Máximo)
Rango de Calibración	0 a 100KPa
Máxima Presión Estática	21MPa (210bar, 3045psi)
Material del Diafragma	AISI 316 Lss
Material de la conexión	AISI 316 Lss / Empaques en Viton
Tipo de conexión	Válvula Manifold de 3 vías directamente ensamblada al transmisor según IEC61518/8 Presión máxima de 6000PSI Material de las partes húmedas 316L Conexión al proceso roscada de 1/2" NPT hembra
Cabezal de conexiones	Carcasa en Aleación de Aluminio con tomas de 1/2" NPT Pintura para ambientes salinos (Tropicales) Bajo protección NEMA 4X Incluye prensa cable de 1/2" (por cada unidad) Posibilidad de giro de 180° del cabezal para indicación en campo
Comunicación	Advanced HART Debe permitir la configuración básica (Unidad de medición y LRV/URV tanto en salida como en Display local) como mínimo ante cualquier configurador HART de cualquier marca.
Salida	4 a 20 mA (En bucle de alimentación 2 hilos)
Aprobaciones	Aprobaciones FM (USA)
Display	LCD Digital integral (Visualización de unidades de ingeniería)
Opcionales	Protección contra Transientes
	Accesorios para montaje en tubería de 2" (Mounting Bracket)
	Certificado de Calibración en puntos dentro del rango especificado

Tabla de Características del Transmisor de Presión Diferencial para medir el flujo de vapor. Elaborado por: Jorge Gallo

CAPITULO 4

DISEÑO Y SIMULACIÓN

4.1 Automatización del sistema de calderas

Para realizar la simulación de la automatización completa del sistema de calderas de la central térmica Esmeraldas II, se toma en cuenta todos los sensores y actuadores que intervienen en el sistema, después de detectar todos los componentes se realiza el diagrama de bloques de la Figura 4.1 definiendo las entradas y salidas para un control centralizado.

Figura 4. 1 Control Centralizado de la caldera



Diagrama de bloques del control centralizado para la caldera. Elaborado por: Jorge Gallo

4.2 Diseño de Control

En la etapa de diseño del control se realiza los diagramas de flujo de cada parte de la caldera, estableciendo las funciones de las válvulas y el procedimiento de cada una, se establece el orden del proceso y el trabajo de cada etapa.

4.2.1 Diseño de Control del tanque desaireador

Al iniciar el proceso se abren las válvulas CV 2103 y CV 2101 la cual permite el ingreso de agua desde un tanque de condensación hacia el tanque desaireador, cuando el nivel de este se encuentra sobre la mitad (0 metros cúbicos) empieza el proceso de recirculación hasta que el agua alcance una temperatura de 140 °C, para la recirculación se enciende la bomba MO 2101 y se abre la válvula MV 2104 como se indica en el diagrama de flujo de la Figura 4.2.

La válvula CV 2103 permite el ingreso de vapor hacia el tanque desaireador hasta que este alcance una presión de 7.5 BAR, la cual se puede visualizar en el indicador de presión PI 2103, lo que permite que se libere el agua del oxígeno, este proceso se podrá observar en la simulación.

Figura 4. 2 Diagrama de Flujo Control Desaireador

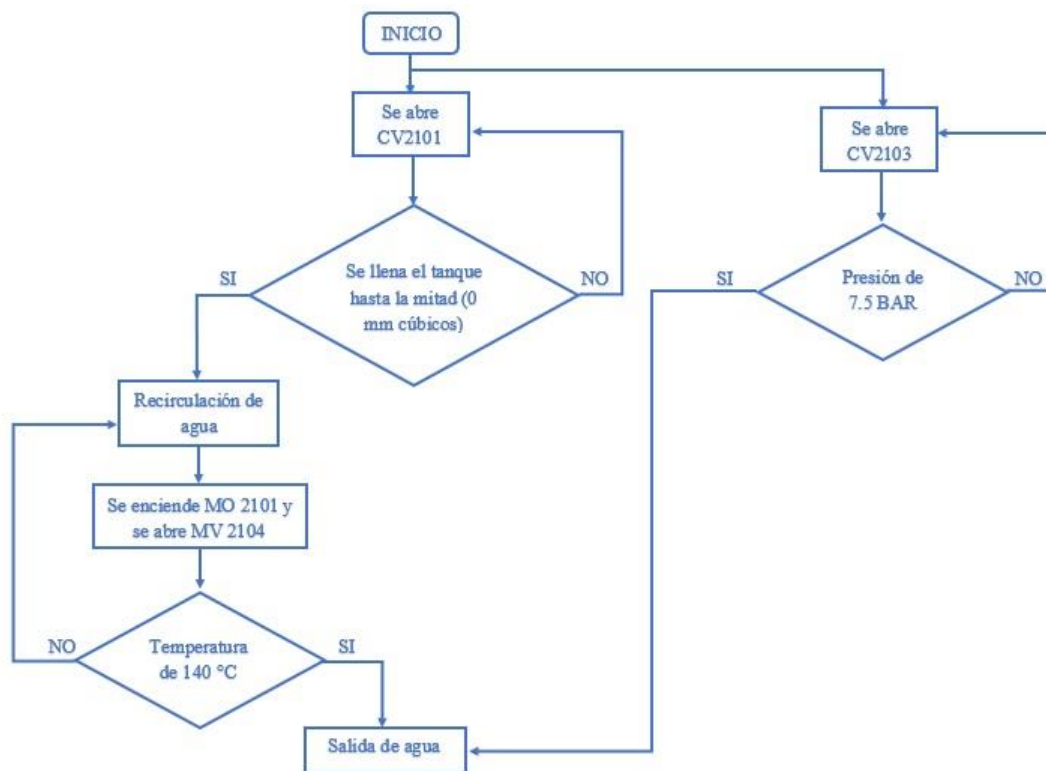


Diagrama de flujo para el control del tanque desaireador. Elaborado por: Jorge Gallo

4.2.2 Diseño de control del tanque LP o Domo

Después de que el agua en el tanque desaireador alcance una temperatura mayor a 140 °C se cierra la válvula de recirculación y se espera a que se alcance un flujo de 1.4 T/h la cual se puede visualizar mediante el transmisor de flujo FT 2101, este proceso se observa en el diagrama de flujo de la Figura 4.3.

Una vez de alcanzar el flujo se abre la válvula CV 2102 que permite el ingreso de agua hacia el tanque LP, una vez que el nivel del tanque llegue hacia la mitad y la presión de este alcance los 7.5 BAR empezará a salir el vapor hacia el tanque Superheater.

Figura 4. 3 Diagrama de flujo del tanque LP o Domo.

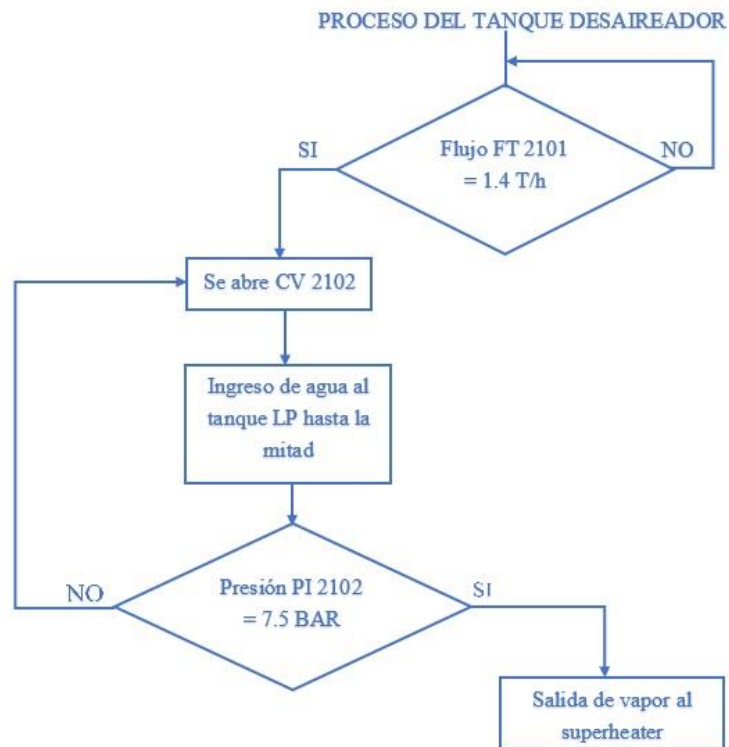


Diagrama de flujo del proceso de control del tanque LP o Domo. Elaborado por: Jorge Gallo

4.2.3 Tanque Superheater

En el diagrama de flujo de la Figura 4.4 se observa el proceso que realiza el tanque superheater el cual su única función es liberar las ultimas partículas de agua y que salga solo vapor hacia el cabezal.

Figura 4. 4 Diagrama de flujo del tanque Superheater



Diagrama de flujo del tanque superheater. Elaborado por: Jorge Gallo

4.2.4 Diseño de control del Cabezal de vapor

Al momento de que el vapor salga del tanque superheater se abre la válvula MV 2102 la cual permite que ingrese el vapor hacia el cabezal de vapor de la caldera, una vez que el vapor alcance un flujo de 1.4 T/h mediante FT 2102, se abre la válvula MV 2101 para que el vapor pueda salir hacia un cabezal común de todas las calderas, este proceso se lo describe en el diagrama de flujo de la Figura 4.5.

Figura 4. 5 Diagrama de flujo del cabezal de vapor

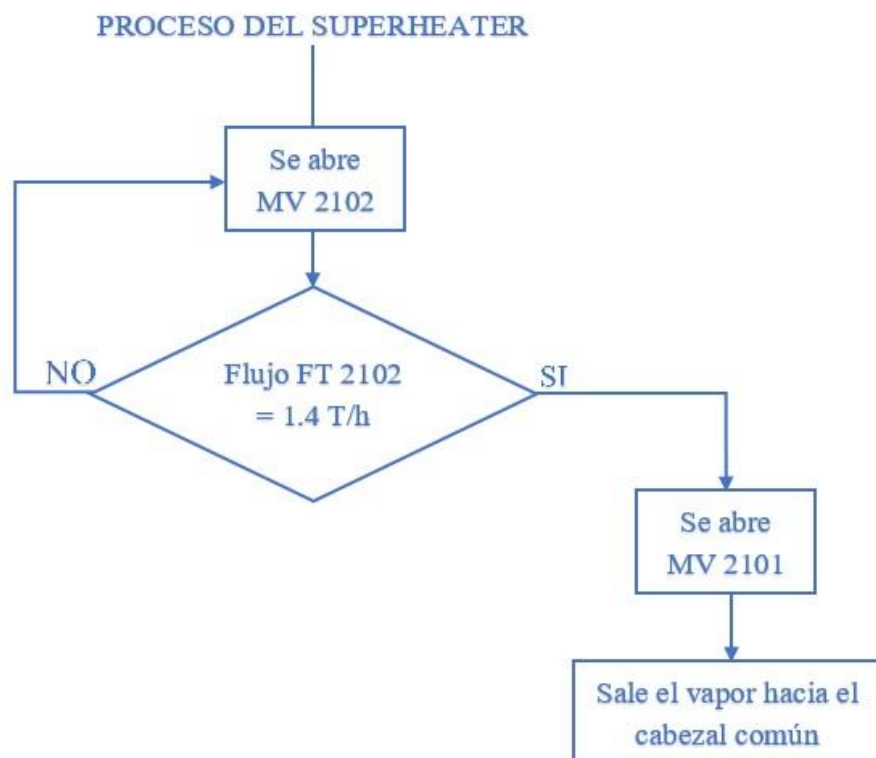


Diagrama de flujo del cabezal de vapor. Elaborado por: Jorge Gallo

4.2.5 Diseño de control para Purgar los tanques

En el diagrama de flujo de la Figura 4.6 se puede observar el proceso de purga, el cual se da al momento de finalizar se cierran todas las válvulas que se encuentran funcionando y se abren las válvulas MV 2103 y MV 2105, las cuales permiten que los tanques se vacíen y se drenara todas las impurezas que queden adentro de los tanques.

Figura 4. 6 Diagrama de flujo de Purga

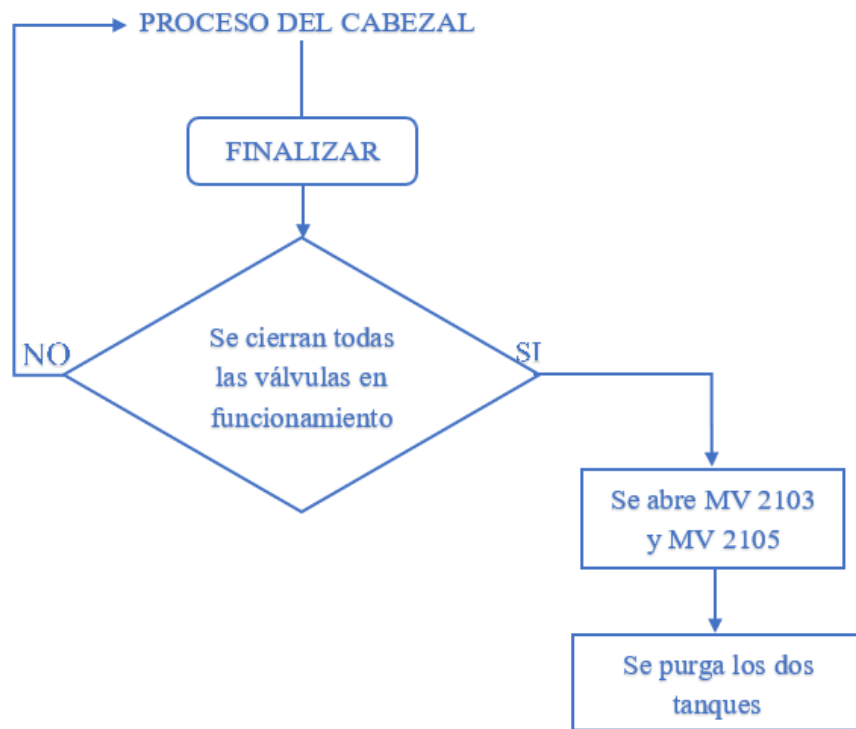


Diagrama de flujo para purgar los tanques. Elaborado por: Jorge Gallo

4.3 Simulación

Para el desarrollo de la simulación donde se visualiza el control total del proceso automático, se utiliza el software LabVIEW, en el cual se hace una interfaz gráfica con los elementos que conforma cada caldera, sus tanques, sus válvulas, la bomba de recirculación, etc.

En esta interfaz se observa el proceso completo del trabajo que realiza la caldera para la generación de vapor y el funcionamiento de cada uno de los elementos, además se tiene mensajes de alerta e indicaciones que aparece conforme avanza la simulación. A continuación, se detalla el trabajo de simulación y el proceso que sigue cada uno de los elementos, se empieza con el sub VI principal que en este caso es la caratula y se muestra en la Figura 4.7, ahí se puede encontrar dos botones, el uno es para salir y el otro nos lleva al sub VI de la interfaz gráfica de la caldera y sus componentes.

Figura 4. 7 Ventana Principal



Sub VI principal del trabajo de simulación realizado. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 4. 1 Tabla de descripción de la ventana principal

ITEM	DETALLE
EXIT	Botón para cerrar la ventana de simulación
SIMULACION	Botón que conduce hacia la simulación de la caldera

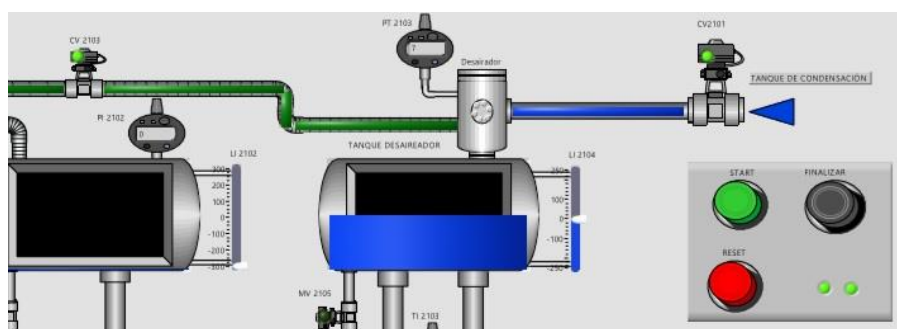
Tabla de descripción de los ítems que se encuentran en la ventana principal de la simulación.

Elaborado por: Jorge Gallo

4.3.1 Control Tanque Desaireador

En la Figura 4.8 se observa el inicio de la simulación, al presionar el botón el start ingresa agua desde el tanque de condensación hacia la caldera y se abre la válvula CV 2101 que permite el paso de agua hacia el tanque desaireador, a la vez se acciona la válvula CV 2103 la cual hace que ingrese vapor que existe en el tanque superheater hacia el tanque desaireador, lo que ayuda a que se libere el oxígeno del agua y permite que se alcance la presión deseada en el tanque que es 7.5 BAR.

Figura 4. 8 Proceso tanque desaireador



Simulación de llenado del tanque desaireador. Elaborado por: Jorge Gallo

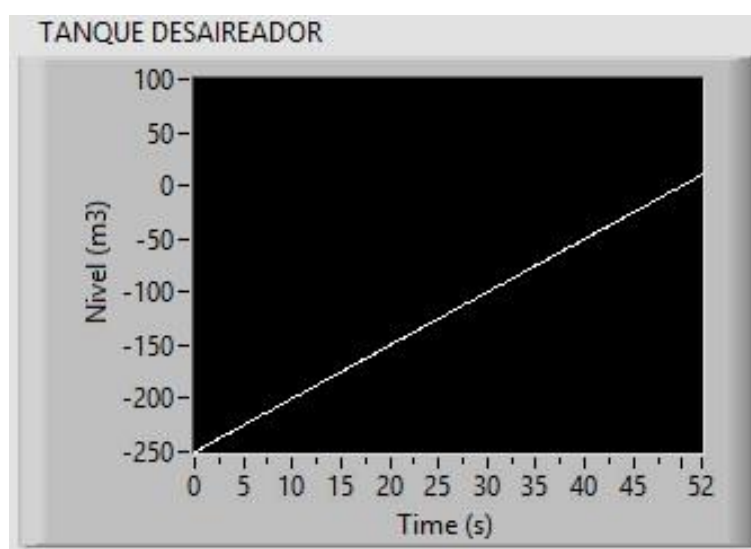
Tabla 4. 2 Tabla de descripción llenado desaireador

ITEM	DETALLE
START	Botón que inicia la simulación
FINALIZAR	Botón que finaliza el proceso y activa las válvulas de purga
RESET	Botón que reinicia todo para empezar nuevamente la simulación
CV 2101	Válvula de control que permite el ingreso de agua desde el tanque de condensación hacia el tanque desaireador
CV 2103	Válvula de control que permite el ingreso de vapor desde el tanque Superheater hacia el tanque desaireador
PT 2103	Transmisor de Presión del tanque desaireador
LI 2104	Indicador de nivel del tanque desaireador
MV 2105	Válvula para drenar el tanque desaireador al finalizar el proceso

Tabla de descripción de los ítems en el llenado del tanque desaireador. Elaborado por: Jorge Gallo

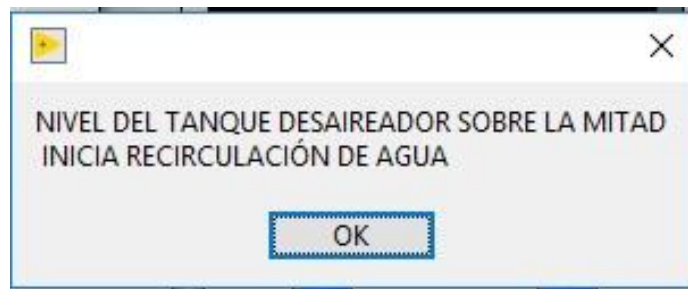
Mientras se llena el tanque desaireador se obtiene la gráfica de la Figura 4.9, la cual muestra una función rampa que va cambiando linealmente con el tiempo. Una vez que el nivel del tanque desaireador llegue a pasar la mitad, es decir, su indicador de nivel sea mayor o igual a 0, en la simulación se incluye un mensaje de aviso que nos indica el avance de cada proceso, el mismo que se muestra en la Figura 4.10.

Figura 4. 9 Gráfica del llenado del tanque desaireador



Función rampa del llenado del tanque desaireador. Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 4. 10 Mensaje de Indicación

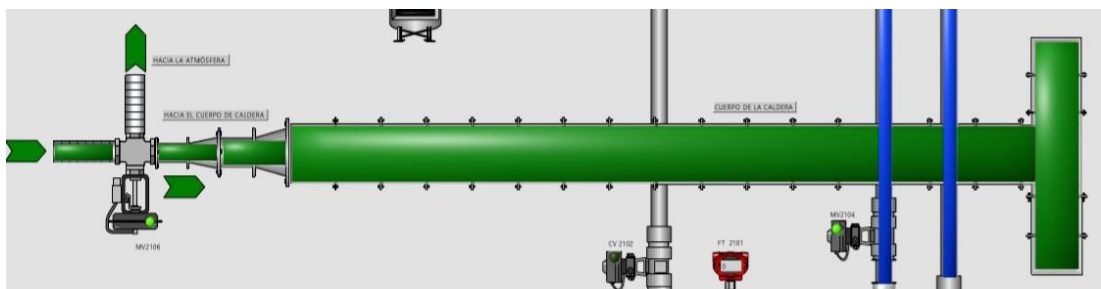


Mensaje que aparece mientras se avanza con el proceso de la caldera. Elaborado por: Jorge Gallo

4.3.2 Proceso de Recirculación

El proceso de recirculación inicia una vez que el tanque desaireador se ha llenado hasta la mitad, entonces se abre la válvula Damper y permite que ingresen los gases de combustión que salen del motor hacia el cuerpo de la caldera, como se observa en la Figura 4.11.

Figura 4. 11 Apertura de la Válvula Damper



Ingreso de los gases de combustión hacia el cuerpo de la caldera. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 4. 3 Tabla de descripción de apertura de la válvula Damper

ITEM	DETALLE
MV 2106	Válvula Damper
CUERPO DE LA CALDERA	Cuerpo de la caldera donde ingresan los gases de combustión interna que son expulsados del motor.

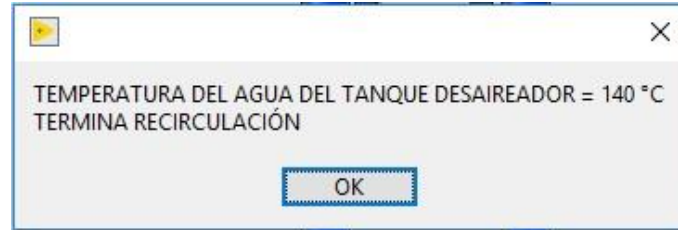
Tabla de descripción de los ítems de la imagen de la apertura de la válvula damper. Elaborado por:

Jorge Gallo

Para la recirculación de agua en el tanque desaireador se enciende la bomba MO 2101, la cual ayuda a que el agua circule fácilmente, también se abre la válvula MV 2104 que permite el ingreso de nuevo al tanque desaireador y este proceso se realiza hasta que el indicador de temperatura TI 2103 muestre que el agua en el tanque desaireador

ha llegado a los 140 °C, en ese instante aparece el mensaje de la Figura 4.12, y se empieza a medir el flujo de agua con el transmisor FT 2101.

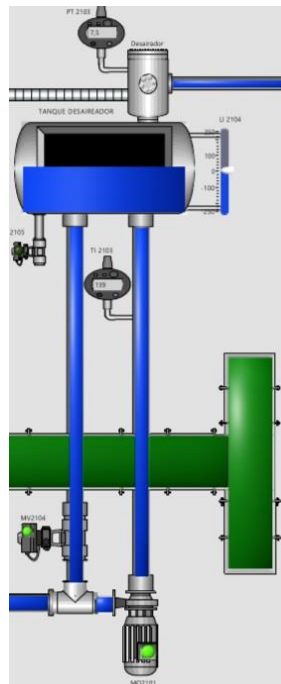
Figura 4. 12 Mensaje de Temperatura



Mensaje de la temperatura en el agua de recirculación es 140 °C. Elaborado por: Jorge Gallo

En la Figura 4.13 se observa el proceso de recirculación de agua en el tanque desaireador, el cual tiene un nivel de agua sobre la mitad, también se observa las válvulas que se encuentran abiertas, las cuales permiten que se realice este proceso y se muestra el accionamiento de la bomba MO 2101 que ayuda a la circulación de agua, para que esta pueda alcanzar la temperatura requerida de 140 °C y se empiece a medir el flujo de agua mediante el transmisor FT 2101, el cual deberá alcanza un flujo de 1.4 T/h, entonces la recirculación termina y se activa la válvula CV 2102 que permite el paso de agua hacia el tanque LP o Domo de baja presión.

Figura 4. 13 Proceso de recirculación



Recirculación de agua en el tanque desaireador. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 4. 4 Tabla de descripción del proceso de recirculación

ITEM	DETALLE
TI 2103	Indicador de temperatura del agua que circula por el tanque desaireador
MO 2101	Bomba de agua que ayuda a la recirculación
MV 2104	Válvula que permite la recirculación de agua en el tanque desaireador

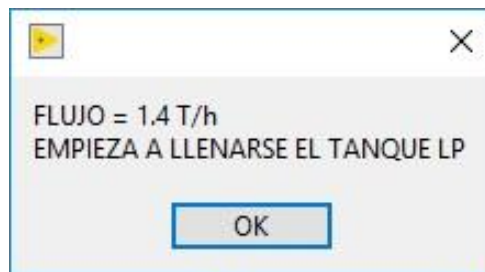
Tabla de descripción de los ítems de la pantalla de la recirculación de agua en la simulación.

Elaborado por: Jorge Gallo

4.3.3 Control del Tanque LP

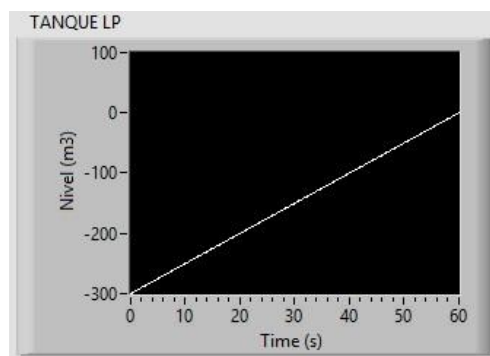
Al tener un flujo de 1.4 T/h aparecerá un mensaje de indicación como en la Figura 4.14 y al abrirse la válvula CV 2102 permite el ingreso de agua hacia el tanque LP, y se termina el proceso de recirculación como se muestra en la Figura 4.15, el tanque LP al igual que el tanque desaireador se llenará hasta obtener un nivel de mayor o igual a cero en su indicador, es decir hasta la mitad y lo que significa que su gráfica de llenado también será una función rampa como la de la Figura 4.16 que irá creciendo linealmente conforme al tiempo.

Figura 4. 14 Mensaje del Indicador de Flujo



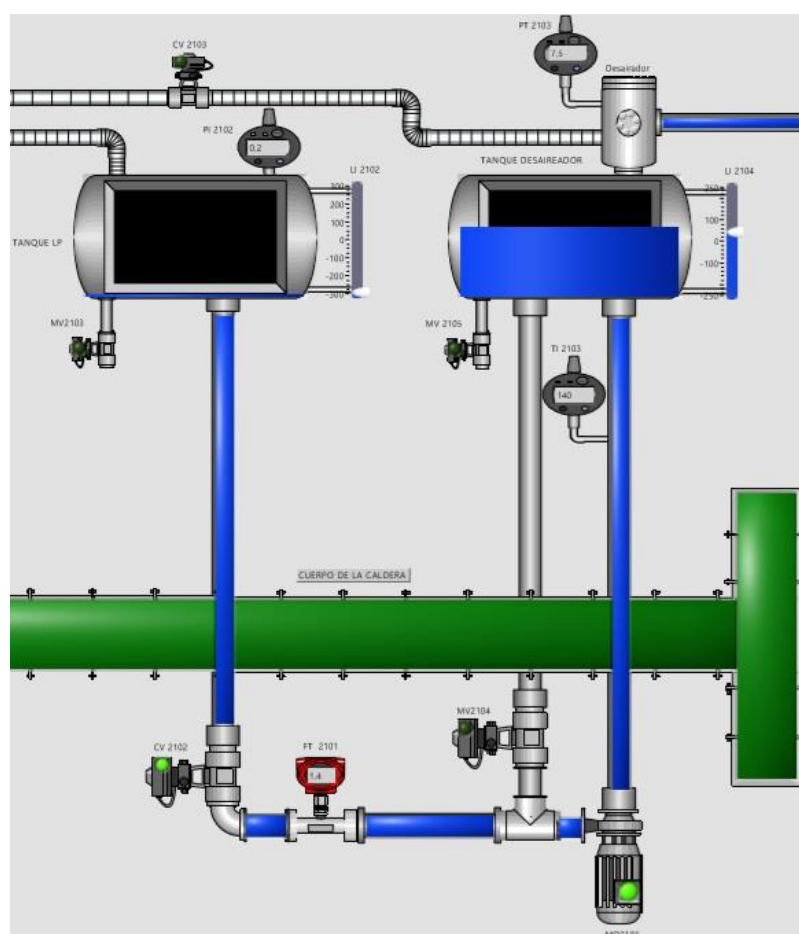
Indicador de Flujo FT 2101 = a 1.4 T/h. Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 4. 15 Gráfica de llenado del Tanque LP



Función rampa del llenado del tanque LP. Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 4. 16 Fin del Proceso de Recirculación



Termina el proceso de recirculación y empieza a llenarse el Tanque LP. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 4. 5 Tabla de descripción fin de la recirculación

ITEM	DETALLE
MO 2101	Bomba de recirculación de agua
FT 2101	Transmisor de Flujo para ingreso al tanque LP
CV 2102	Válvula de Control para el ingreso de agua al tanque LP
LI 2102	Indicador de nivel del tanque LP
PI 2102	Transmisor de Presión del tanque LP

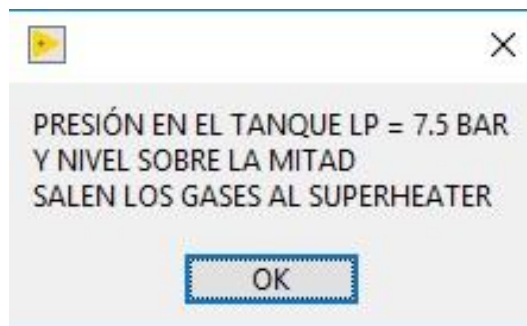
Tabla de descripción de los ítems de la imagen de fin de recirculación en el tanque desaireador.

Elaborado por: Jorge Gallo

Para que el vapor pueda salir hacia el superheater, en el tanque LP también se controla la presión mediante el indicador PI 2102 la cual debe ser de 7.5 BAR y el nivel del tanque debe ser mayor a 0, como se muestra en su indicador LI 2102 y esto se puede observar en la Figura 4.18, una vez que esto se cumpla aparecerá un mensaje como el de la Figura 4.17 donde nos indica el valor de presión y nivel del tanque para poder

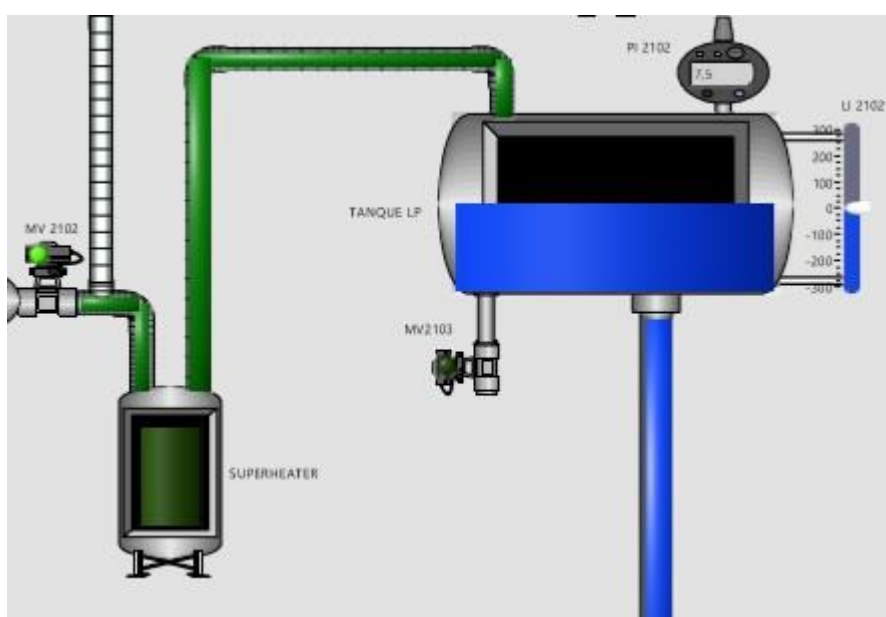
continuar con el procedimiento del funcionamiento de la caldera y el paso de vapor hacia el superheater.

Figura 4. 17 Mensaje del Tanque LP



Mensaje de indicación de la presión y el nivel del tanque LP. Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 4. 18 Salida de vapor al superheater



Salida de vapor del tanque LP hacia el Superheater. Elaborado por: Jorge Gallo

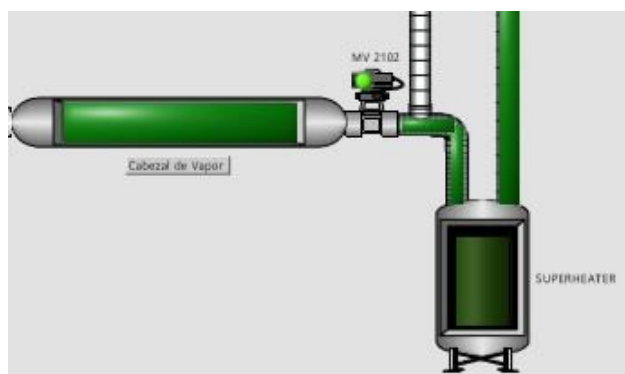
Tabla 4. 6 Tabla de descripción salida de vapor al Superheater

ITEM	DETALLE
MV 2103	Válvula de drenaje del tanque LP
SUPERHEATER	Tanque donde se quitan la ultimas partículas de agua y queda vapor
MV 2102	Válvula que permite el paso de vapor hacia el cabezal

Tabla de descripción de los ítems de la imagen de salida de vapor del tanque LP al superheater en la simulación. Elaborado por: Jorge Gallo

En el tanque superheater es donde se almacena el vapor que sale del tanque LP y se quita las últimas partículas que quedan de agua para que salga solo vapor hacia el cabezal de la caldera, para esto se abre la válvula MV 2102 que permite el paso de vapor del superheater hacia el cabezal de vapor como se lo puede observar en la Figura 4.19.

Figura 4. 19 Salida de Vapor hacia el Cabezal de Vapor



Salida de vapor del Superheater hacia el cabezal de vapor. Elaborado por: Jorge Gallo

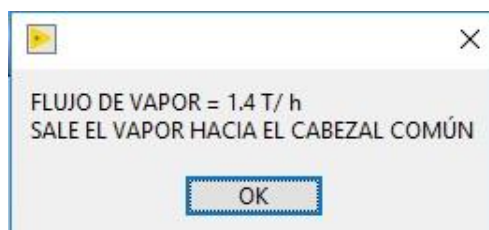
Tabla 4. 7 Tabla de descripción de la salida de vapor al cabezal

ITEM	DETALLE
MV 2102	Válvula que permite el paso de vapor hacia el cabezal
Cabezal de vapor	Cabezal donde se acula el vapor generado por la caldera

Tabla de descripción de los ítems de la imagen de salida de vapor hacia el cabezal en la simulación.

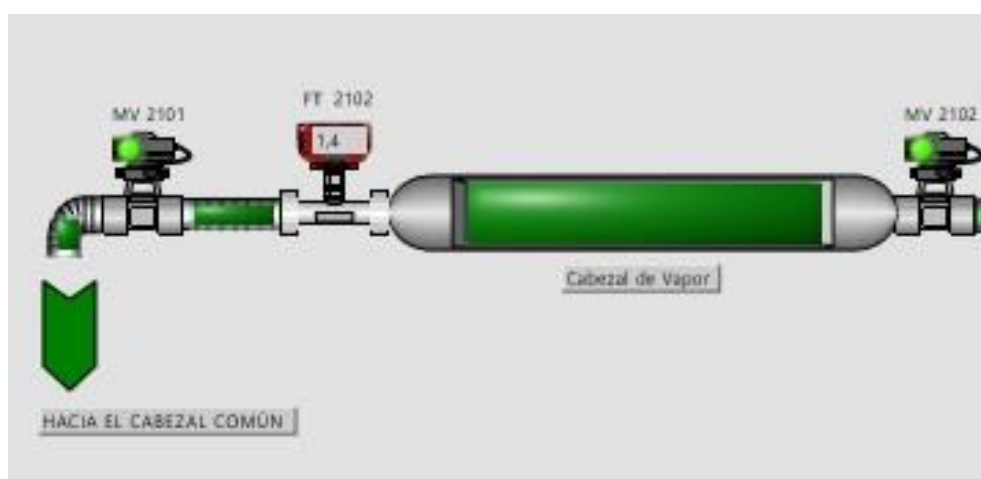
Después de que el vapor se encuentre en el cabezal se observará el flujo mediante el transmisor FT 2102, el cuál debe alcanzar 1.4 T/h, con esto aparecerá un mensaje como el de la Figura 4.20 indicando el flujo de vapor para que se pueda abrir la válvula MV 2101 y permita la salida del vapor hacia el cabezal común de todas las calderas como se observa en la Figura 4.21.

Figura 4. 20 Mensaje de Flujo de vapor



Mensaje de flujo de vapor que permite la salida de vapor hacia el cabezal común. Elaborado por: Jorge Gallo

Figura 4. 21 Salida de vapor hacia el cabezal común



Salida de vapor desde el cabezal de la caldera hacia el cabezal común. Elaborado por: Jorge Gallo

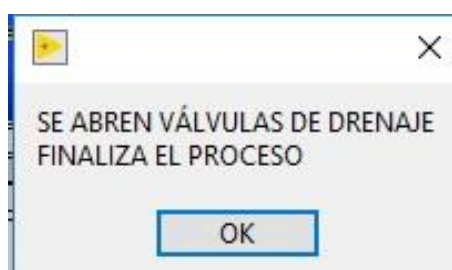
Tabla 4. 8 Tabla de descripción de la salida de vapor hacia el cabezal común

ITEM	DETALLE
FT 2102	Transmisor de flujo para la salida de vapor del cabezal
MV 2101	Válvula que permite la salida de vapor hacia un cabezal común de todas las calderas

Tabla de descripción de los ítems de la imagen de salida de vapor hacia el cabezal común en la simulación. Elaborado por: Jorge Gallo

Una vez que el vapor salga hacia el cabezal común, la caldera siempre estará generando vapor y cuando se desee terminar el proceso se aplastará el botón finalizar, con lo cual aparecerá un mensaje de aviso como el de la Figura 4.22 que indica que se finalizará el proceso y se abrirán las válvulas MV 2103 y MV 2104 para vaciar y purgar los tanques LP y desaireador respectivamente.

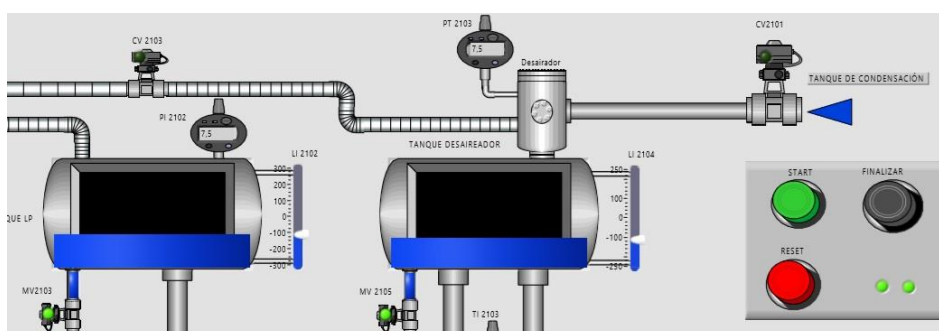
Figura 4. 22 Mensaje de Fin del proceso



Mensaje para finalizar el proceso y drenar los tanques. Elaborado por: Jorge Gallo

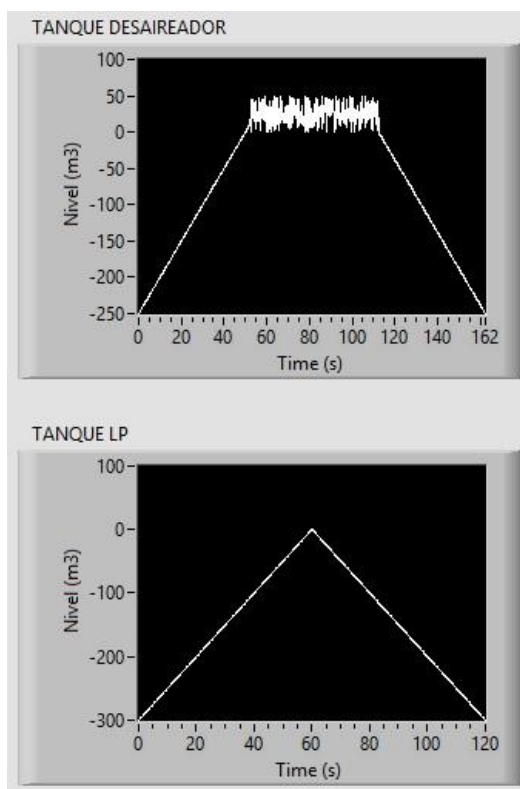
Después de dar en finalizar, empezará el vaciado o purga del tanque LP y del tanque Desaireador como se puede observar en la Figura 4.23, además se obtendrá las gráficas finales del nivel de los tanques las cuales se muestra en la Figura 4.24, donde se observa que en la gráfica del tanque desaireador existe un transcurso de tiempo que varía su nivel, esto se debe que mientras se va llenando el tanque LP, el nivel del tanque desaireador baja, pero la válvula CV 2101 se encuentra abierta para mantener el nivel del tanque sobre la mitad.

Figura 4. 23 Vaciado de los Tanques



Vaciado y purga del Tanque LP y Tanque desaireador. Elaborado por: Jorge Gallo

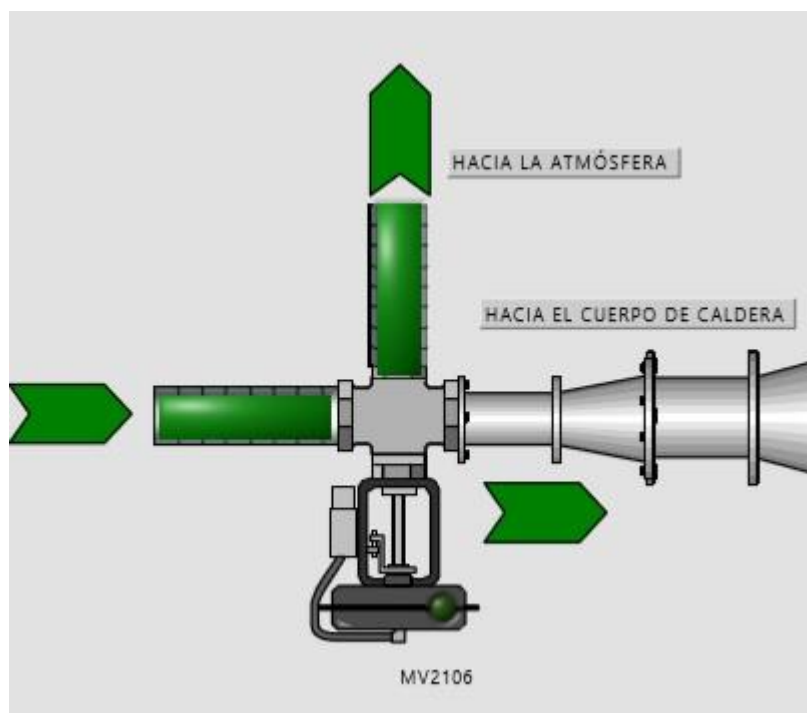
Figura 4. 24 Gráficas completas del nivel de los tanques



Gráficas completas de llenado y vaciado de los tanques Desaireador y LP respectivamente. Elaborado por: Jorge Gallo

Para Finalizar en la Figura 4.25 se muestra cómo se cierra la válvula damper y ya no permite que ingresen los gases de combustión interna del motor al cuerpo de la caldera, sino que los envía directamente a la atmósfera, esto es para estar seguros de que no existan gases calientes adentro de la caldera que puedan ocasionar daños a la misma.

Figura 4. 25 Salida de gases a la Atmósfera



Cierre de la válvula DAMPER y salida de gases hacia la atmósfera. Elaborado por: Jorge Gallo

Tabla 4. 9 Tabla de descripción de la imagen de la válvula Damper

ITEM	DETALLE
MV 2106	Válvula Damper que permite el ingreso de los gases de combustión interna del motor hacia el cuerpo de la caldera cuando está en funcionamiento, caso contrario los envía a la atmósfera

Tabla de descripción de los ítems de la imagen del ingreso de gases en la simulación. Elaborado por:

Jorge Gallo

CONCLUSIONES

Se realizó el estudio técnico de la automatización del sistema de calderas de la Central Térmica Esmeraldas II, con el cual se llegó a la conclusión que resulta indispensable la repotenciación del sistema, debido a que el funcionamiento actual no es el adecuado, ya que en ocasiones por errores humanos se han olvidado de abrir las válvulas en el momento de ingreso de los gases de combustión, lo que ha provocado daños y pérdidas materiales.

Con la caracterización del sistema de calderas se concluyó que, del sistema conformado por 12 calderas, 2 no se encuentran en funcionamiento y una debido al daño de las tuberías que se encuentran adentro del cuerpo de la caldera, además la segunda sufrió daños en el motor por recalentamiento. Al caracterizar una de las calderas se determinó las variables de estado existentes, sus sensores y actuadores, lo que permitió realizar un plano P&ID que facilitó el diseño de control para cada elemento que se automatizó.

Se realizó el diseño de un control centralizado para el funcionamiento de una caldera, y se llegó a la solución que se puede replicar para los 9 restantes, debido a que todas tienen los mismos elementos en buenas condiciones y funcionando.

Se realizó la simulación en el software LabVIEW y se observó el funcionamiento de los elementos que conforman las calderas, lo que facilitará el trabajo de los operadores, ya que ellos se encargarían del inicio y fin del proceso después de generar la energía requerida para el despacho hacia el Sistema Nacional Interconectado.

RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar el estudio técnico realizado en la Central Térmica Esmeraldas II, CELEC EP con la finalidad de implementarlo en un futuro en esta, e inclusive se puede replicar el proceso hacia las demás centrales térmicas del país que manejen un sistema de calderas similar.

Si el proyecto no se implementa, se recomienda realizar un constante mantenimiento de los sensores y actuadores que conforma cada caldera, para evitar que sufran daños por desgaste o que los transmisores envíen datos erróneos al sistema y se tenga un mal funcionamiento con las válvulas.

Se recomienda implementar la automatización con el control centralizado en el sistema de calderas para evitar que los daños sufridos anteriormente se repitan en alguna de las 10 calderas que se encuentran en funcionamiento.

REFERENCIAS

- Albán, C. (2013). *Diseño e implementación de un sistema HMI mediante LabVIEW para el módulo de sensores en la tecnología del automóvil*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Corona, L., Abarca, G., & Carreño, J. (2014). *Sensores y Actuadores*. Azcapotzalco: Patria S.A.
- Creus Solé, A. (2010). *Instrumentación Industrial, 8va Edición*. Barcelona: Marcombo S.A.
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2007). *Fundamentos de la técnica de automatización*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. .
- Hidalgo, C., & Lafuente, F. (2017). *Desarrollo e implementación de un sistema de control automático en la máquina estampadora marca insta modelo 215 para aumentar la producción textil ocupando tecnologías actuales de automatización* . Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- José, S. A. (2013). *Instrumentación y Control Básico de Procesos*. Madrid: Díaz de Santos.
- Lajara, J., & Sebastián, J. P. (2017). *labVIEW, Entorno gráfico de programación 3ra Edición*. Marcombo.
- Manosalvas, A., & Quinga, J. (2012). *Diseño y construcción de un módulo de adquisición de datos para la supervisión y control de una mini planta de procesos con interfaz USB para LabView*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Marsellach, F. (28 de 02 de 2018). *fmjingenieros*. Obtenido de <https://www.fmjingenieros.com/servicios/automatizacion-industrial/introduccion-a-la-automatizacion>
- Mendiburu, H. A. (2006). *Instrumentación Virtual Industrial*. Peru: INDECOPI.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay. (03 de 07 de 2018). *Dirección Nacional de Energía*. Obtenido de MIEMDNE:

<http://calculodeconsumo.dne.gub.uy/tecnologias/ver/1/Equipo-central-Caldera-con-quemador-de-Fuel-Oil>

Naranjo, J. (2015). *Buenas Prácticas de Manufactura*. Riobamba: Pro Ecuador.

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control moderna 5ta edición*. Madrid: Perason Educación S.A.

Pérez, W., & Méndez, J. (2011). *Despacho Económico de potencia diaria aplicado al sistema nacional Ecuatoriano*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Quiñones, C., & Bernal, M. (2011). *LabVIEW y la instrumentación virtual aplicados a la docencia y la investigación en ciencias básicas*. Politécnico Grancolombiano.

TERMOESMERALDAS, C. E. (2018). *CELEC EP-TERMOESMERALDAS*.

Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/termoesmeraldas/index.php/central-termica-esmeraldas-ii>